TERRA EDUCATION IV

CHANGER D'ÉCHELLE | CHANGING SCALE | CAMBIAR DE ESCALA

INTERNATIONAL CONFERENCE

ACTES | PROCEEDINGS | ACTAS

CETTE CONFÉRENCE ET LA PRÉPARATION DE SES ACTES ONT BÉNÉFICIÉ D'UNE AIDE DE L'ÉTAT DANS LE CADRE DE SON PROGRAMME INVESTISSEMENTS D'AVENIR GÉRÉ PAR L'AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE AU TITRE DU ANR-10-LABX-0078

CHAIRE UNESCO
architecture de terre,
cultures constructives et
développement durable
CRATERRE | AE&CC | ENSAG | UGA

TERRA EDUCATION IV

CHANGER D'ÉCHELLE | CHANGING SCALE | CAMBIAR DE ESCALA

INTERNATIONAL CONFERENCE

ACTES | PROCEEDINGS | ACTAS

MINISTÈRE DE LA CULTURE
Liberté
Égalité
Fraternité

École Nationale Supérieure Architecture UGA Grenoble

LABEX AE&CC

INVESTISSEMENTS D'AVENIR

CRAterre

Muraille d'enceinte de la ville de Pingyao, Chine, 2010 © T. Joffroy

SOMMAIRE | CONTENTS | ÍNDICE

INTRODUCTION | INTRODUCTION | INTRODUCCION **8**

REMERCIEMENT | ACKNOWLEDGEMENTS AGRADECIMIENTOS **11**

DISCOURS D'OUVERTURE | OPENING SPEECHES | DISCURSOS INAUGURALES **12**

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **20**

THEME 1 ..... **28**

CONSERVATION, RÉHABILITATION ET ADAPTATION DU PATRIMOINE
CONSERVATION, REHABILITATION, AND ADAPTATION OF HERITAGE
CONSERVACIÓN, REHABILITACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PATRIMONIO

THEME 2 ..... **60**

RÉTRO-INGÉNIERIE DES CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES
REVERSE ENGINEERING OF LOCAL BUILDING CULTURES
INGENIERÍA INVERSA DE LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS LOCALES

THEME 3 - FORMATION | TRAINING | FORMACIÓN **84**

T3.1. FORMATION INITIALE ET RELATION AVEC LA FORMATION UNIVERSITAIRE
INITIAL TRAINING AND RELATIONSHIP WITH UNIVERSITY TRAINING
FORMACIÓN INICIAL Y RELACIÓN CON LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA

T3.2. ACTION ET COMMUNAUTÉS
ACTION AND COMMUNITIES
FACCIÓN Y COMUNIDADES

T3.3. FORMATION ET LIEN AU MONDE PROFESSIONNEL
TRAINING AND EXPOSURE TO THE PROFESSIONAL WORLD
FORMACIÓN VINCULADA AL MUNDO PROFESIONAL

THEME 4 ..... **252**

PARTENARIATS ET PLURIDISCIPLINARITÉ
PARTNERSHIPS AND MULTIDISCIPLINARITY
ASOCIACIONES Y MULTIDISCIPLINARIEDAD

THEME 5 ..... **288**

FILIÈRES DE PRODUCTION (INNOVATION, PRODUCTION, RECHERCHE TECHNOLOGIQUE)
PRODUCTION SECTORS (INNOVATION, PRODUCTION AND TECHNOLOGICAL RESEARCH)
SECTORES PRODUCTIVOS (INNOVACIÓN, PRODUCCIÓN, INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA)

THEME 6 ..... **332**

CARACTÉRISATION – NORMALISATION
CHARACTERIZATION – STANDARDIZATION
CARACTERIZACIÓN - NORMALIZACIÓN

THEME 7 ..... **364**

APPROCHES STRATÉGIQUES : AU-DELÀ DU PROJET ARCHITECTURAL, LE PROJET DE DÉVELOPPEMENT
STRATEGIC APPROACHES: BEYOND THE ARCHITECTURAL PROJECT, THE DEVELOPMENT PROJECT
ENFOQUES ESTRATÉGICOS: MÁS ALLÁ DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO, EL PROYECTO DE DESARROLLO.

COMITÉS / COMMITEES / COMITES **420**

COMITÉ D'ORGANISATION / ORGANISING COMMITTEE / COMITÉ ORGANIZADOR **422**
COMITÉ SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC COMMITTEE / COMITÉ CIENTÍFICO **423**

POSTERS : HTTPS://HAL.SCIENCE/HAL-05127769 ET HTTPS://CRATERRE.HYPOTHESES.ORG/6425

THEME 1 28

CONSERVATION, RÉHABILITATION ET ADAPTATION DU PATRIMOINE
CONSERVATION, REHABILITATION, AND ADAPTATION OF HERITAGE
CONSERVACIÓN, REHABILITACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PATRIMONIO

PROCESOS DIALÓGICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA
AARÓN DURÁN 30

CONTEMPORARY CONSERVATION PRACTICE AND TRADITIONAL WISDOM – KNOWLEDGE EXCHANGE FOR HIMALAYAN WALL PAINTING CONSERVATION
ANCA NICOLAESCU, YUTAKA HIRAKO, PIMPIM DE AZEVEDO 40

CHANTIERS-ECOLES DE RÉHABILITATION DE MAISONS PAR L'ASSOCIATION IMANE-ATARIKH A AGADEZ, POUR SAUVEGARDER LES PRATIQUES TRADITIONNELLES DE CONSTRUCTION EN TERRE
MOHAMED AG ALASSANE, ABDOULAYE CISSÉ, SÉBASTIEN MORISET 51

THEME 2 60

RÉTRO-INGÉNIERIE DES CULTURES CONSTRUCTIVES LOCALES
REVERSE ENGINEERING OF LOCAL BUILDING CULTURES
INGENIERÍA INVERSA DE LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS LOCALES

THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND REGIONAL DISTRIBUTION OF TRADITIONAL EARTHEN DWELLINGS AS INFLUENCED BY THE NATURAL ENVIRONMENT IN CHINA
XUECHUN MA, JUN MU 62

FENÓMENO SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL ALREDEDOR DE LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA EN BARICHARA, COLOMBIA
SANTIAGO RIVERO 74

THEME 3 - FORMATION/TRAINING/ FORMACIÓN 84

T3.1. FORMATION INITIALE ET RELATION AVEC LA FORMATION UNIVERSITAIRE
INITIAL TRAINING AND RELATIONSHIP WITH UNIVERSITY TRAINING
FORMACIÓN INICIAL Y RELACIÓN CON LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA

DSA ARCHITECTURES DE TERRE, CULTURES CONSTRUCTIVES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE, 40 ANNÉES D'ÉVOLUTIONS / ADAPTATIONS
THIERRY JOFFROY, HALIMATOU MAMA AWAL, BAKONIRINA RAKOTOMAMONJY, MARINA TRAPPENIERS 86

TIERRA EN PROGRAMAS EDUCATIVOS DE ENSEÑANZA SUPERIOR EN CHILE, APORTES A LA SOSTENIBILIDAD Y ESCALABILIDAD DEL USOS DEL MATERIAL
CARMEN GÓMEZ MAESTRO, AMANDA RIVERA VIDAL 94

LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN ARQUITECTURA, EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA. REFLEXIONES Y PROYECCIONES SOBRE LA EXPERIENCIA DOCENTE.
MARÍA LUCÍA BLANCO CANALES, IVÁN ALEJANDRO LÓPEZ NIETO 106

TIERRA, ACADEMIA Y COMUNIDAD: PROSPECTIVAS DESDE URUGUAY
ALEJANDRO FERREIRO, GABRIELA VAZQUEZ, NATALIA VELIZ, HELENA GALLARDO, BRUNO PALUMBO, JESSICA MESONES 118

LA INVESTIGACIÓN PROYECTUAL: HERRAMIENTA PARA UN MÉTODO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA
MAURICIO GANDUGLIA 126

CHANGER D'ÉCHELLE DANS LA FORMATION : DOCUMENTER ET DIFFUSER L'APPRENTISSAGE PAR L'EXPÉRIENCE
SÉBASTIEN CHALIÈS, ADÉLIE COLLETTA, LAETITIA FONTAINE 138

TOCA TIERRA # 6 : RÉCIT D'UNE EXPÉRIENCE COMBINANT LA SENSORIMOTRICITÉ AVEC UNE APPROCHE TRANSDISCIPLINAIRE POUR L'APPRENTISSAGE DES MATÉRIAUX BIO-GÉO-SOURCÉS
JUAN TRABANINO, NATHALIE TORNAY, SÉBASTIEN CHALIÈS, SALMA GHEZAL 147

L'HISTOIRE D'UNE MAISON EXPÉRIMENTALE ET PÉDAGOGIQUE SE POURSUIT : E-COLOS!! ÉTUDIE-LES-CONSTRUCTIONS-LOCALES-SOUTENABLES !!
DOMINIQUE DAUDON, MARTIN POINTET, LAURENT GALICHET, THIERRY JOFFROY, YANNICK SIEFFERT, STAN BORKOWSKI, LAURENT OXARANGO 160

PROJET TERCEL 2023 : EXPLORATION PAR LE DESIGN DE NOUVEAUX MATÉRIAUX COMPOSITES TERRE/CELLULOSE
ARNAUD MISSE, MILENA STEFANOVA, EMMA COLOMBARI 170

T3.2. ACTION ET COMMUNAUTÉS | ACTION AND COMMUNITIES | ACCIÓN Y COMUNIDADES

STRATEGIES AND ACTIVITIES FOR THE VALORIZATION OF TRADITIONAL ARCHITECTURE
CAMILLA MILETO, FERNANDO VEGAS LÓPEZ-MANZANARES, LIDIA GARCÍA SORIANO 181

CHULLPAWAWA: EL ARTE AYMARA DEL TEJIDO DE LA TIERRA
PACHA YAPUCHA YAMPARA BLANCO 190

REGIO EARTH. A CROSS-BORDER EDUCATIONAL PERSPECTIVE
ALINA CRISTINA NEGRU, ALESSANDRO SERRA, DRAGANA KOJIČIĆ, ÁDÁM BIHARI, GERGELY PÉTER BARNA, ANA PATO, ISABELLA BREDA, ZDENĚK VEJPUSTEK, VIOLA TOCCAFONDI, TOMMASO VENTURINI 200

SOMMAIRE | CONTENTS | ÍNDICE
ARTICLES | PAPERS | ARTICULOS

T3.3. FORMATION ET LIEN AU MONDE PROFESSIONNEL
TRAINING AND EXPOSURE TO THE PROFESSIONAL WORLD
FORMACIÓN VINCULADA AL MUNDO PROFESIONAL

BUILDERS OF CHANGE. BASEHABITAT EDUCATION PROGRAMMES ON EARTHEN ARCHITECTURE
ULRIKE SCHWANTNER 208

BUILDING CAPACITIES TO PROTECT, PROMOTE AND TRANSMIT EARTHEN HERITAGE. AL AIN, ABU DHABI, AS A REGIONAL MODEL.
FELIPE GUTIERREZ, AHMED AQEEL AQEEL, AMEL CHABBI 218

OPENNESS, DIVERSITY AND INTERACTIVITY: EXPLORING AN INFORMAL EDUCATIONAL APPROACH FOR EARTH CONSTRUCTION IN CHINA.
SHUANG TANG, JUN MU 225

IMPACTS DU PROGRAMME PROFAS C+ DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DES CORPS TECHNIQUES DU CAPTERRE
NURIA SÁNCHEZ MUÑOZ, ALAEDDINE BELOUAAR 235

ECVET, CERTIFICACIÓN EN OFICIOS DE LA TIERRA: DE EUROPA AL MUNDO
MARÍA BROWN BIRABÉN 243

THEME 4 252

PARTENARIATS ET PLURIDISCIPLINARITÉ
PARTNERSHIPS AND MULTIDISCIPLINARITY
ASOCIACIONES Y MULTIDISCIPLINARIEDAD

FULL IMMERSION NELLA TERRA: ENSEIGNER LA CONSTRUCTION EN TERRE CRUE EN PARTAGEANT LES EXPÉRIENCES
MADDALENA ACHENZA, MIGUEL FERREIRA MENDES, JEAN-MARIE LE TIEC 254

BEYOND FUNCTION & FABRICS: BUILDING THAT BRINGS BACK MEMORY, TRADITION AND LOCAL CRAFTSMANSHIP.
FATIHA POLIN, DOUJITA KASFI 261

AFGHANISTAN CULTURAL HERITAGE CONSERVATION: WHAT ROLE DIASPORA CAN PLAY?
SAYED MOSSADEQ KHALILI 268

LA CHAIRE UNESCO « ARCHITECTURE DE TERRE », BILAN 1998-2024 ET PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION
BAKONIRINA RAKOTOMAMONJY, DAVID GANDREAU, ARNAUD MISSE 280

THEME 5 288

FILIÈRES DE PRODUCTION
PRODUCTION SECTORS
SECTORES PRODUCTIVOS

ENHANCING THE SUSTAINABILITY AND PERFORMANCE OF COMPRESSED STABILIZED SAND BLOCKS WITH VETIVER STRAW FIBER AND CEMENT
ISLAM MD. BULBUL, PAUL SHANTANU, SAKIB MIRZA MD. NAZMUS, ISLAM MOHAMMAD SHARIFUL 290

ARQUITECTURA DE TIERRA A PEQUEÑA Y GRAN ESCALA EN COLOMBIA: EXPERIENCIAS DE LA EMPRESA TIERRATEC
DARIO ERNESTO ANGULO JARAMILLO 301

LA PRÉFABRICATION DU PISÉ : VECTEUR DE MASSIFICATION DANS LA CONSTRUCTION DE MURS MONOLITHIQUES EN TERRE CRUE EN FRANCE ?
MARTIN POINTET, ANDREAS KREWET, BASTIEN NEUFEIND, JULIEN NOURDIN 310

LA FILIÈRE TERRE EN FRANCE : DES MOYENS DE PRÉFABRIQUER DANS LA PERSPECTIVE D'UNE DEMANDE QUI CHANGE D'ÉCHELLE
JULIEN NOURDIN, THIERRY JOFFROY 322

THEME 6 332

CARACTÉRISATION – NORMALISATION
CHARACTERIZATION – STANDARDIZATION
CARACTERIZACIÓN - NORMALIZACIÓN.

CRÉATION D'UN PROTOCOLE D'ESSAI QUANTITATIF POUR L'AIDE À L'ANALYSE DE TERRES.
LEONARDO EGAS, EUGÉNIE CRÉTÉ, TRONG DO HIEP, ANNA CHO, ZÉLIE DELORME, MARTIN POINTET 334

RETOURS D'EXPÉRIENCES DES TEXTES À VISÉES NORMATIVES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION EN BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE : LES APPRÉCIATIONS TECHNIQUES D'EXPÉRIMENTATION DE CYCLE TERRE ET LES RÈGLES PROFESSIONNELLES MAYOTTE.
ARNAUD MISSE, EUGÉNIE CRÉTÉ, MELVYN GORRA 342

VALIDACIÓN ANTE NORMAS DE SISTEMAS BIOCONSTRUCTIVOS: FARDOS DE PAJA, QUINCHA LIVIANA HÚMEDA, QUINCHA LIVIANA SECA, ESTUCOS DE TIERRA CRUDA FINO Y GRUESO, ADOBE CELULOSA Y ADOBILLO.
JORGE BROUGHTON WAINER, ROMINA ACEVEDO OLIVA, OSCAR CARRILLO ZÚÑIGA, DIANA AYENSA, MARCELA GALLARDO ANDRADE, IGNACIO CONDE BUENO 353

THEME 7 364

APPROCHES STRATÉGIQUES
STRATEGIC APPROACHES
ENFOQUES ESTRATÉGICOS

CONSTRUIRE EN TERRE MAHORAISE
VINCENT LIÉTAR, DOMINIQUE TESSIER 366

CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIA CON BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC)
ALEYDA RESÉNDIZ-VÁZQUEZ 375

INTEGRATING NATURAL AND RECYCLED MATERIALS IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION: A PARTICIPATORY APPROACH TO BRIDGING TRADITIONAL AND MODERN PRACTICES IN DHOKSAN, NEPAL
PRAKRITI DANGOL 384

AUTOPRODUCCIÓN DE VIVIENDA ASISTIDA: UNA ESTRATEGIA DE ACCESO A UNA VIVIENDA DIGNA Y EL FORTALECIMIENTO COMUNITARIO
ANA KATHERINE CARREÑO CHARRY 393

BÍO CASA VÁ: DIÁLOGO, VINCULACIÓN TECNOLÓGICA Y SUSTENTABILIDAD
JESSICA MESONES, CLAUDIA VARIN, GABRIELA VAZQUEZ, BRUNO PALUMBO, TIAGO MACHAIN 401

A COLLABORATIVE APPROACH TO EARTHEN TECHNIQUES. MOVING BEYOND TRAINING FROM ETHNOGRAPHIC EXPERIENCES WITH LOCAL COMMUNITIES IN NORTHERN ARGENTINA
JORGE TOMASI 412

© S. Moriset

INTRODUCTION

Depuis le milieu du siècle dernier, des efforts ont été déployés pour mieux valoriser le potentiel de la terre en tant que matériau de construction. Sur les traces de l'architecte égyptien Hassan Fathy ou encore de l'ingénieur chilien Raul Ramirez, inventeur de la presse à briques Cinva Ram, et inspirés par les habitats vernaculaires de nombreux pays, les fondateurs de CRAterre se sont lancés, dans les années 1970, dans des recherches visant à produire des connaissances susceptibles d'être largement diffusées. Les premières publications sont un succès et inspirent de nombreuses initiatives à travers le monde. Parmi celles-ci, la création de la formation post-master Architecture de terre (1984) puis du laboratoire CRAterre à l'école d'architecture de Grenoble (1986) ont été décisives pour diffuser l'idée qu'il était possible de construire tout simplement avec ce que l'on a sous ses pieds ! Partout dans le monde, l'intérêt pour l'architecture de terre progresse, les centres de recherche se multiplient, ainsi que les efforts de formation.

Cependant, les grands projets réalisés à l'époque (village de la terre à Villefontaine, France ; programmes de logements sociaux et d'infrastructures à Mayotte, etc.) ne se sont pas généralisés. Leur appropriation est souvent restée à l'étape du prototype ou du démonstrateur. Une situation qu'il n'est pas toujours facile de décrypter. Manque de soutien des pouvoirs publics ? Manque d'intérêt des professionnels ? Demande sociale trop limitée ? Absence de normes ? Inadaptation des solutions expérimentées à une diffusion large ?

Depuis quelques années, avec une prise de conscience écologique renouvelée et désormais largement partagée au niveau global du fait de la menace climatique, la situation semble toutefois évoluer, peut-être aussi, car les acteurs de la construction en terre et leurs réseaux sont désormais mieux organisés. En de nombreux lieux/pays, des changements d'échelles sont en train de s'opérer, permettant d'envisager de mieux répondre à la demande globale pour des solutions constructives de qualité qui limitent drastiquement la production de gaz à effet de serre.

La conférence Terra Education IV organisée à Grenoble du 2 au 4 juillet 2024 visait à faire le point sur ce(s) phénomène(s) et à en décrypter les mécanismes et/ou stratégies sous-jacentes, afin de mieux les intégrer dans les programmes de recherche et de formation du réseau de la Chaire UNESCO, et au-delà. Quelles actions ont été menées et quelles conditions ont été mises en place pour faciliter la mise en œuvre de grands projets ? Quels partenariats ont été établis ? Quelles évolutions technologiques ou quels processus constructifs ont été développés ? Quelles échelles de développement de la filière sont les plus adaptées (industriel, semi-industriel, artisanal…) ? Ne faut-il pas systématiser des approches stratégiques, comprenant des activités complémentaires de recherche, de formation, d'expérimentation, d'accompagnement, etc. ?

INTRODUCTION

Since the middle of the last century, efforts have been made to better exploit the potential of earth as a building material. Following in the footsteps of the Egyptian architect Hassan Fathy or the Chilean engineer Raul Ramirez, inventor of the Cinva Ram brick press, and inspired by the vernacular habitats of many countries, the founders of CRAterre embarked in the 1970s on research aimed at producing knowledge that could be widely disseminated. The first publications were a success and inspired numerous initiatives around the world. Among these, the creation of the post-master's course in earthen architecture (1984) and then the CRAterre laboratory at the Grenoble School of Architecture (1986) were decisive in spreading the idea that it was possible to build simply with what you have under your feet! All over the world, interest in earthen architecture is growing, and research centres are multiplying, as are training efforts.

However, the major projects carried out at the time ("Village terre" in Villefontaine, France; a social housing and infrastructure programme in Mayotte, etc.) did not become widespread. Their appropriation has often remained at the prototype or demonstrator stage. A situation which is not always easy to decipher. Is it lack of support from public authorities? Lack of interest from professionals? Lack of standards? Inadequacy for widespread use?

In recent years, however, with a renewed ecological awareness that is now widely shared at global level because of the climate threat, the situation seems to be changing, perhaps also because those involved in earthen construction and their networks are now better organized. In many places/countries, changes of scale are taking place, enabling a better response to global demand for quality construction solutions that drastically limit the production of greenhouse gases.

The Terra Education IV conference organised in Grenoble from 2 to 4 July 2024 aimed at taking stock of this phenomenon(s) and to decipher the underlying mechanisms and/or strategies, in order to better integrate them into the research and training programs of the UNESCO Chairs network, and beyond. What actions have been taken and what conditions have been put in place to facilitate the implementation of large-scale projects? What partnerships have been established? What technological developments or construction processes have been developed? What scale of development is most appropriate for the sector (industrial, semi-industrial, artisanal, etc.)? Shouldn't strategic approaches be systematized, including the complementary activities of research, training, experimentation, support, etc.?

INTRODUCCION

Desde mediados del siglo pasado, se han realizado esfuerzos para explotar mejor el potencial de la tierra como material de construcción. Siguiendo los pasos del arquitecto egipcio Hassan Fathy y del ingeniero chileno Raúl Ramírez, inventor de la prensa de bloques de tierra Cinva Ram, e inspirándose en las viviendas vernáculas de numerosos países, los fundadores de CRAterre se embarcaron en los años 70 en una investigación destinada a producir conocimientos que pudieran difundirse ampliamente. Las primeras publicaciones fueron un éxito e inspiraron numerosas iniciativas en todo el mundo. Entre ellos, la creación del curso de postgrado Arquitectura de tierra (1984), seguido del laboratorio CRAterre en la Escuela de Arquitectura de Grenoble (1986) fueron decisivos para difundir la idea de que era posible construir simplemente con lo que había bajo los pies! En todo el mundo crece el interés por la arquitectura de tierra y se multiplican los centros de investigación y los programas de formación.

Sin embargo, los grandes proyectos realizados en aquella época (Village terre en Villefontaine, Francia; programas de vivienda social e infraestructuras en Mayotte, etc.) no se generalizaron. Su apropiación se ha quedado a menudo en la fase de prototipo o de demostrador. Una situación que no siempre es fácil de descifrar. ¿Falta de apoyo de las autoridades públicas? ¿Desinterés de los profesionales? ¿ Demanda social limitada ? ¿Falta de normas? ¿Soluciones probadas no aptas para un uso generalizado?

En los últimos años, con una renovada conciencia ecológica ampliamente compartida a escala mundial debido a la amenaza climática, la situación parece estar evolucionando, quizá también porque los agentes del sector de la construcción en tierra y sus redes están ahora mejor organizados. En muchos lugares/países se están produciendo cambios de escala que permiten responder mejor a la demanda mundial de soluciones constructivas de calidad que limiten drásticamente la producción de gases de efecto invernadero.

La conferencia Terra Education IV organizada en Grenoble del 2 al 4 de julio de 2024, tuvo como objetivo hacer balance de este(os) fenómeno(s) y descifrar los mecanismos y/o estrategias subyacentes, con el fin de integrarlos mejor en los programas de investigación y formación de la red de la Cátedra UNESCO, y más allá. ¿Qué acciones se han emprendido y qué condiciones se han establecido para facilitar la realización de grandes proyectos? ¿Qué alianzas son necesarias? ¿Qué avances tecnológicos o procesos de construcción se han desarrollado? ¿Qué escala de desarrollo del sector es la más adecuada (industrial, semiindustrial, artesanal, etc.)? ¿No convendría sistematizar los enfoques estratégicos: investigación complementaria, formación, experimentación, apoyo, etc.?

Saint-Chef en Isère, classé ZPPAUP © S. Moriset

REMERCIEMENTS
ACKNOWLEDGEMENTS
AGRADECIMIENTOS

UNESCO WORLD HERITAGE
LAZARE ELOUNDOU ASSOMO, DIRECTOR

ENSAG-UGA
THOMAS SPIEGELBERGER, DIRECTEUR
PASCALE CHARDON, SECRÉTAIRE GÉNÉRALE
ELSA-CLAIRE ELISEE, CHEF SERVICE RPI
ZAKARI BANO, ASSISTANT DE GESTION, SERVICE RPI

MACI – UGA
ANNE DALMASSO, DIRECTRICE
VÉRONIQUE SCHOELLKOPF, ACCUEIL
MICHEL MORIN, RESPONSABLE TECHNIQUE
DELPHINE SAÏDANE, CHARGÉE DES RÉSERVATIONS

CRATERRE / AE&CC
COMITÉ D'ORGANISATION ET TOUS LES COLLÈGUES MEMBRES DE NOTRE ÉQUIPE

TRADUCTION | TRANSLATION | TRADUCCIÓN
BERNADETTE GOTH, INTERPRÈTE DE CONFÉRENCE ET SES COLLÈGUES DEIRDRE GIVOIS, PAZ RIAZA ET MARIANA RIMOLDI

RÉGIE TRADUCTION ET ASSISTANCE TECHNIQUE AUDIOVISUELLE | SOPORTE TRADUCCIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA AUDIOVISUAL | TRANSLATION STAGE MANAGEMENT AND AUDIOVISUAL TECHNICAL SUPPORT
PAPILLON AUDIOVISUEL : OLIVIER LETELLIER

MEMBERS DU COMITÉ SCIENTIFIQUE / MEMBRES OF THE SCIENTIFIC COMMITTEE / MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO
MOHSEN ABASI HAROFTEH
MADDALENA ACHENZA
GERHARD BOSMAN
LARA DAVIS
LAZARE ELOUNDOU ASSOMO
LAETITIA FONTAINE
DAVID GANDREAU
HUBERT GUILLAUD
THIERRY JOFFROY
HALIMATOU MAMA AWAL
IVAN MAZEL
CAMILLA MILETO
ARNAUD MISSE
SÉBASTIEN MORISET
JUN MU
ISHANLOSEN ODIAUA
BAKONIRINA RAKOTOMAMONJY
AMANDA RIVERA VIDAL
SOFIA RODRÍGUEZ-LARRAÍN
NURIA SANCHEZ-MUNOZ
ULRIKE SCHWANTNER
THEOPHILUS SHITTU
YANNICK SIEFFERT
MIRTA EUFEMIA SOSA
JENNY ASTRID VARGAS SANCHEZ
FERNANDO VEGAS LOPEZ-MANZANARES

TERRA
EDUCATION IV
Changing Scale
Changer d'échelle
Cambiar de escala
2-3-4 JULY 2024
ORGANISED BY GRENOBLE SCHOOL OF ARCHITECTURE
ENSAG
UGA
LABEX AE&CC
CRAterre

© S. Moriset

DISCOURS D'INAUGURATION

OPENING SPEECHES

DISCURSOS INAUGURALES

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE, UNIVERSITÉ GRENOBLE-ALPES

Thomas SPIEGELBERGER Directeur de l'ENSAG-UGA

© Sébastien Moriset.

Monsieur le Directeur du Centre du Patrimoine Mondial, Cher Lazare Eloundou Assomo,
Monsieur le Directeur de l'unité Architecture, Environnement et Cultures Constructives, cher Thierry,
Chers collègues responsables de la Chaire UNESCO, Architecture de terre, cultures constructives et développement durable, chers responsables du Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement en architecture de terre

Chères et chers collègues,

C'est depuis environ 15 000 ans que l'homme a commencé à recourir à la terre crue pour construire son habitat. C'est probablement à partir des observations qu'un peu partout à travers le monde, nous, l'espèce humaine, avons développé un savoir-faire spécifique qui nous a permis de créer nos premiers habitats à base de terre crue. C'était certainement les constructions les plus soutenables, car produites à partir d'une ressource naturelle, quasiment sans impacter notre bilan carbone durant la construction, l'utilisation et la déconstruction. Un vrai exploit économique et écologique !

Si vous avez le temps de visiter les alentours de Grenoble, cette merveilleuse ville nichée entre les montagnes, vous trouverez une grande variété de constructions faites à partir de ressources locales bio-sourcées et géo-sourcées, comme le bois, la pierre, notamment dans nos alpages, et aussi la terre. Depuis le début des années 80, un groupe spécialisé en architecture de terre, inspiré par ce patrimoine en pisé notamment dans la partie nord du département de l'Isère, a commencé à s'intéresser à cette forme d'architecture un peu atypique. Ce groupe, CRAterre, a joué un rôle précurseur non seulement sur la question des matériaux terre, mais aussi plus largement sur les matériaux bio-sourcés et géo-sourcés. Il s'est également distingué par ses pratiques de « learning by doing » et la proximité avec « le terrain » et ses acteurs, une approche reconnue par l'UNESCO dès les années 90. Ces pratiques sont devenues aujourd'hui incontournables dans les ENSAPs, répondant à une forte demande des étudiants, et sont aujourd'hui soutenues par la toute nouvelle création d'un de 5 réseaux nationaux des ENSAPs, le réseau « ExpLearn » autour de l'apprentissage expérientiel de l'architecture.

Si je continue un peu dans l'historique, il faut que je m'arrête au milieu des années 80, plus précisément en 1984, quand la première promotion est accueillie pour obtenir deux ans plus tard le Certificat d'études approfondies en architecture de terre. Nous célébrons donc cette année les 40 ans d'existence de ce cursus qui mène aujourd'hui au Diplôme de Spécialisation et d'Approfondissement en architecture de terre à l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble. Depuis sa création, ce programme unique en son genre a formé des générations d'architectes et de chercheurs, contribuant de manière significative à la promotion et à la conservation des savoir-faire en architecture de terre. Le DSA a su évoluer au fil des décennies pour intégrer les avancées technologiques et les nouveaux défis environnementaux, tout en restant fidèle à ses racines et à sa mission de valoriser les matériaux et techniques traditionnels.

Depuis 2010, le Laboratoire CRAterre s'est rapproché du Laboratoire « Cultures constructives » pour former l'Unité de recherche « Architecture, Environnement et Cultures Constructives ». L'année suivante, AE&CC a obtenu le statut de Laboratoire d'excellence, statut qui a été prolongé jusqu'à fin 2024. Depuis, l'équipe CRAterre a approfondi et élargi ses travaux de recherche, facilitant le rapprochement d'AE&CC et de l'ENSAG avec l'Université Grenoble Alpes. Ce mouvement s'est traduit par des collaborations croissantes avec des équipes de recherche à Grenoble, notamment dans le cadre du Cross Disciplinary Project « Risk » et bientôt dans un nouveau Labex élargi à d'autres laboratoires. L'aspect international de l'équipe CRAterre, constituée aujourd'hui de membres de plus de 40 nationalités, offre des opportunités non seulement au sein de l'ENSAG, mais aussi de l'UGA pour des collaborations intéressantes.

Pour revenir vers la construction en terre crue, il est important de noter que, malgré ses intérêts écologiques et économiques, la construction en terre crue reste aujourd'hui encore trop marginalisée. Il est donc crucial de changer d'échelle, de dépasser l'étape d'une approche au cas par cas. Pouvons-nous demain proposer la construction en terre crue à une échelle plus large ? Pouvons-nous former de plus en plus de personnes à la construction avec les matériaux bio-sourcés et géo-sourcés ? Pouvons-nous aller vers une massification des constructions en terre crue ? Autant de questions passionnantes que vous allez vous poser pendant ces trois jours ici au congrès de Terra Education IV.

Au nom de l'ENSAG et du président de l'université, qui regrette de ne pouvoir vous accueillir en personne, je vous souhaite la bienvenue à Grenoble et dans ce magnifique écrin que représente la MACI. Je vous souhaite plein succès dans vos échanges à venir ces prochains jours et serai particulièrement attentif aux recommandations qui en ressortiront, dans la perspective de leur meilleure prise en compte par notre chaire UNESCO.

Je remercie plus particulièrement M. Lazare Eloundou Assomo pour sa présence aujourd'hui, qui nous honore et démontre l'intérêt de l'UNESCO pour notre école et son rôle en matière d'éducation, de science et de culture.

Encore bienvenue à vous tous et bon congrès !

DIRECTEUR DU CENTRE DU PATRIMOINE MONDIAL DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ÉDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE

Lazare ELOUNDOU ASSOMO Directeur du CPM de l'UNESCO

© Sébastien Moriset.

Monsieur le Directeur de l'École Nationale Supérieur d'Architecture de Grenoble, Thomas Speigelberger,
Madame la présidente d'ICOMOS-ISCEAH, Maddalena Achenza,
Madame la responsable pédagogique du DSA, Halimatou Mama Awal,
Chers collègues du laboratoire CRAterre, Thierry Joffroy,
Chers collègues responsables de la Chaire UNESCO, Architecture de terre, cultures constructives et développement durable, Arnaud Misse, David Gandreau et Bakonirina Rakotomamonjy

Mesdames, Messieurs,

Je suis très heureux d'être de retour à Grenoble, à l'occasion de cette conférence internationale Terra Education IV. Permettez-moi tout d'abord de remercier l'École Nationale d'Architecture et son Directeur Thomas Speigelberger ainsi que l'Université Grenoble Alpes et le ministère de la Culture qui soutiennent cette 4e édition, ainsi que la Maison de la Création et de l'Innovation pour la mise à disposition de ce très bel amphithéâtre.

Je voudrais également remercier le laboratoire CRAterre et tous ces responsables qui n'ont pas ménagé leurs efforts pour nous réunir pendant ces trois jours, nous qui venons de toutes les régions du monde.

En 2018, j'ai eu l'opportunité de prendre part à la 3e édition de Terra Education qui a permis de jeter un regard prospectif sur les perspectives de développement de l'enseignement dans le domaine de l'architecture de terre.

L'organisation de cette 4e édition sous l'égide de la Chaire UNESCO démontre la nécessité croissante de faire le point sur l'évolution de la recherche scientifique et la formation concernant le développement de l'architecture de terre, à une période où le monde est confronté à des défis importants autour du développement et du changement climatique.

C'est pourquoi je tiens à saluer le travail exceptionnel qui est mené depuis bientôt un demi-siècle par CRAterre et plus récemment depuis 1998 sous l'égide de la Chaire UNESCO.

Ma présence, non pas comme un ancien étudiant de l'ENSAG ou comme un ancien membre de CRAterre, mais en ma qualité de Directeur du patrimoine mondial est la preuve que l'UNESCO accorde une attention toute particulière à cette nouvelle édition dont les délibérations nous permettront d'être mieux informés sur les progrès scientifiques et techniques propres au développement de l'architecture de terre, ainsi que sur la formation et les métiers d'architecture de terre.

Ces progrès seront bénéfiques et serviront à apporter des réponses en matière d'architecture durable et de préservation du patrimoine d'architecture de terre, dans le but de contribuer à la lutte globale contre le réchauffement climatique et les pressions de développement et garantiront l'amélioration des conditions de vie des populations.

Je souhaite aussi profiter de cette conférence pour rappeler le rôle que jouent les Chaires de l'UNESCO en soutien au mandat de l'UNESCO pour l'Education, la Science et la Culture.
Le programme des Chaires UNESCO a été lancé en 1992 afin de promouvoir la coopération interuniversitaire et le renforcement des réseaux de recherche collaboratifs à l'échelle mondiale.

Aujourd'hui il existe près de 950 Chaires UNESCO dans plus de 120 pays et il est nécessaire de rappeler que sans ces établissements d'enseignements supérieurs et leurs équipes de chercheurs il ne serait pas possible de faire avancer autant de domaines qui nécessitent des actions prioritaires. Les Chaires jouent un rôle essentiel dans la diffusion de connaissances et dans l'instauration d'un dialogue entre la société civile, les communautés locales et les décideurs politiques.

Depuis que la Chaire « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » a été inaugurée en 1998, le laboratoire CRAterre a réalisé un travail remarquable qui a permis d'entreprendre près de 90 recherches interuniversitaires dans de nombreux pays du monde (28), et de former plus de 10 000 personnes aux métiers de l'architecture de terre.

De plus, CRAterre s'est également investi au cours des dernières décennies dans de nombreux projets auprès du Centre du patrimoine mondial de l'UNESCO.

CRAterre est également investi depuis 3 décennies auprès du Centre du patrimoine mondial dans de nombreux projets de conservation, qui ont permis non seulement l'inscription de nombreux sites d'architecture de terre sur la Liste du patrimoine mondial, mais aussi l'amélioration de l'état de l'état de conservation de multiples sites du patrimoine mondial.

Pour conclure, je suis convaincu que les réflexions qui se tiendront dans le cadre de cette conférence permettront de développer de nouvelles recommandations et stratégies innovantes qu'il me tarde de découvrir.

Je ne terminerai pas non plus sans rendre hommage à tous les fondateurs de CRAterre et les architectes des formations sans qui nous ne serions pas présents aujourd'hui. Je voudrais également rendre un hommage appuyé à Hugo Houben et Pascal Odul qui nous ont quittés, mais dont les enseignements perdureront.

Enfin, je souhaite rendre hommage à Patrice Doat, Hubert Guillaud, Anne-Monique Bardagot et Marina Trappeniers qui ont bien mérité leur retraite, bien que nous soyons nombreux à continuer de les solliciter.
Pour finir, j'invite les participants de cette 4e édition à garder en mémoire les mots de John Turner : « Un matériau n'est pas important pour ce qu'il est, mais pour ce qu'il peut faire pour la société. »

Mesdames, Messieurs,
Bonne conférence à tous.

DIRECTEUR DE L'UNITÉ DE RECHERCHE ARCHITECTURE, ENVIRONNEMENT ET CULTURES CONSTRUCTIVES, ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE ET UNIVERSITÉ GRENOBLE-ALPES

Thierry JOFFROY Directeur de l'UR AE&CC/ ENSAG/ UGA

© Sébastien Moriset.

Monsieur le Directeur du Centre du Patrimoine Mondial, Cher Lazare Eloundou Assomo,
Monsieur le Directeur de l'ENSAG – Université Grenoble Alpes, cher Thomas Speigelberger,
Chers collègues responsables de la Chaire UNESCO, Architecture de terre, cultures constructives et développement durable, Chers Arnaud Misse, David Gandreau et Bakonirina Rakotomamonjy
Madame la présidente d'ICOMOS-ISCEAH, chère Maddalena Achenza
Madame la responsable pédagogique du DSA, chère Halimatou Mama Awal
Chers collègues orateurs et chers auditeurs,

Quel plaisir pour moi de me retrouver avec vous ce matin et de vous souhaiter la bienvenue en ce lieu prestigieux qu'est la Maison de la Création et de l'Innovation (Maci) de notre Université Grenoble Alpes

Quel plaisir aussi de vous compter aussi nombreux !

Pour rappel, en 2002, pour la première édition de Terra Education en 2001, nous étions 44, issus de 22 pays.
Pour la deuxième, en 2010, nous étions 88 issus de 25 pays.
Pour la troisième, en 2018, nous étions 110 issus de 35 pays.
Et aujourd'hui nous sommes plus de 150 (une vingtaine à distance) issus de 41 pays.
Déjà, à eux seuls, ces chiffres me semblent bien illustrer le thème principal donné à cette conférence, celui du changement d'échelle.

Toutefois, ne nous trompons pas, même si cette croissance existe, elle reste encore plus que nécessaire, voire même urgente dans la perspective de pour voir répondre à la demande en forte progression au niveau international pour des solutions alternatives de construction. Le challenge qui est devant nous est en effet de fortement diminuer l'impact du secteur de la construction sur notre planète, y compris sur la question de réchauffement climatique, de ses effets et risques associés, et aussi pour s'y adapter.

Et pour cela, à lui seul, le nombre d'acteurs mobilisés ne peut probablement pas suffire. Et si en de nombreux lieux de par le monde des acteurs de la construction en terre et leurs réseaux sont désormais mieux organisés et sont en train de véritablement changer d'échelle dans la production d'habitat, ce n'est pas le cas partout et pour toutes les initiatives. Diverses raisons peuvent expliquer cela, dont certaines sont de notre responsabilité. Nous qui sommes d'un monde plutôt académique et intellectuel savons-nous toujours bien quelles réponses sont attendues de la part du public ? Sommes-nous bien en ligne avec les souhaits, les besoins et les capacités techniques et financières de nos populations cibles ? Nos recherches sont-elles ciblées sur des solutions d'avenir, permettant d'envisager des applications à grande échelle ?
En résumé, cette expression en langue anglaise sous forme de questionnement me paraît importante à bien prendre en compte pour espérer concrétiser un tel objectif : are we doing the things right or are we doing the right things?

Question à laquelle j'ajouterai celles retenues dans notre appel à communications qui expose la volonté, au travers de cette nouvelle édition de TerraEducation, de décrypter les mécanismes et/ou stratégies sous-jacentes aux réussites d'ampleur, afin de mieux les intégrer dans les programmes de recherche et de formation du réseau de la Chaire UNESCO, et au-delà dans d'autres institutions de par le monde.

Quelles actions ont été menées et quelles conditions ont été mises en place pour faciliter la mise en œuvre de grands projets ?

Quels partenariats ont été établis ?

Quelles évolutions technologiques ou quels processus constructifs ont été développés ? Quelles échelles de développement de la filière sont les plus adaptées (industriel, semi-industriel, artisanal…) ?

Ne faut-il pas systématiser des approches stratégiques, comprenant des activités complémentaires de recherche, de formation, d'expérimentation, d'accompagnement, etc. ?

Voici donc les questions que nous voulons débattre avec vous ces trois jours à venir et pour nourrir nos réflexions, nous aurons 41 présentations orales organisées en 7 thèmes ainsi que 25 posters.
Par ailleurs, le comité scientifique s'est mobilisé en amont et a commencé à travailler sur l'extraction d'idées clés et à l'élaboration sur de possibles conclusions de notre conférence. Cette base va évoluer en prenant en compte les débats que nous allons avoir et vous seront présentées à la fin de la conférence avec possibilité qui vous sera donnée d'apporter des contributions.

Avant de conclure, je tiens à remercier toutes celles et tous ceux qui ont contribué à l'organisation de cette conférence :
• tous les collègues de l'équipe de recherche de CRAterre de l'UR AE&CC ;
• tous les collègues du Comité scientifique ;
• l'ensemble de l'administration de l'ENSAG-UGA et plus particulièrement les services RPI et financiers :
• la direction de la Maci et tout son personnel qui nous accueille ;
Un remerciement tout particulier à Alix Hubert (coordinatrice) ainsi qu'à Audrey Carbonnelle (gestionnaire de l'information et de la documentation d'AE&CC) qui a eu un rôle tout particulier dans l'organisation de cet événement.
Merci aussi à vous tous présents aujourd'hui dans cette salle, et à ceux qui ne pourront participer qu'en visioconférence pour l'intérêt que vous portez à cet événement, motivant votre mobilisation sur ces trois journées.

Enfin, un Grand merci à nos invités de marque, notre Directeur, Thomas Spiegelberger pour l'intérêt qu'il porte à nos travaux et bien sûr aussi à Lazare Eloundou Assomo, Directeur du Centre du patrimoine Mondial à qui je vais maintenant passer la parole. Cher Lazare, c'est un grand honneur pour nous que tu sois présent aujourd'hui à nos côtés, et ce malgré un agenda que je sais être extrêmement chargé, avec notamment la préparation de la prochaine réunion du comité du patrimoine mondial qui aura lieu à New Dehli à partir du 21 juillet.

En vous souhaitant à nouveau la bienvenue, et en espérant que nos échanges à venir seront fructueux.

Conservatoire européen des échantillons de sols à Orléans, NAMA Architecure © P. Kozlowski

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La conférence Terra Education IV a été organisée du 2 au 4 juillet 2024 pour débattre de la nécessité de « changer d'échelle ». Elle a réuni plus de 150 participants issus de 40 pays représentant tous les continents. Les 41 présentations données et les 25 posters exposés ont permis de tirer les conclusions et recommandations suivantes :

Les idées lancées il y a plus de 40 ans en faveur de pratiques de construction plus écologiques et frugales - basées sur l'observation du patrimoine architectural en terre existant dans le monde entier - sont de plus en plus adoptées par les acteurs de la construction et demandées par les décideurs en raison de la pression liée au changement climatique et à ses risques associés.

De ce fait, un peu partout dans le monde, des activités de formation et de recherche sur les matériaux, la construction et l'architecture en terre sont introduites dans les institutions de formation. Elles débouchent sur un nombre d'applications en pleine croissance. Mais il apparaît qu'un trop grand nombre de ces initiatives restent confidentielles, car les prototypes ou bâtiments de démonstration proposés manquent de caractère reproductible dans des contextes réels. Il est aussi important de reconnaître que des projets mal préparés peuvent conduire à des réalisations faites dans la douleur, ce qui décourage les acteurs dans la poursuite de leurs implications. L'observation de projets récents permet d'identifier les pièges potentiels suivants, qui peuvent être facilement évités :

- penser innovation et expérimentation sans prendre en compte l'applicabilité ;
- focaliser la réflexion sur l'amélioration des propriétés physiques des matériaux plutôt que sur la conception de systèmes constructifs et d'architectures adaptés ;
- se lancer dans des méthodes et systèmes de construction complexes au lieu de s'inspirer de modèles existants pouvant être réalisés avec des moyens simples comme le démontrent les pratiques vernaculaires ;
- être trop confiant dans les propriétés des matériaux de construction en terre ;
- être trop confiant dans les capacités réelles des communautés à participer physiquement aux projets ;
- être influencé par des projets architecturaux à caractère séduisant sans avoir une bonne compréhension de la façon dont ils ont été réalisés ;
- reproduire des activités attrayantes (p. e. démonstrations, exercices pratiques de formation) ou les copier-coller sans réflexion sur la nécessité de les adapter pour garantir l'impact sur le ou les territoires cibles.

Par ailleurs, certaines visions à caractère trop passéistes ou fondamentalistes posent d'importantes limites en termes d'applicabilité à grande échelle, que ce soit pour les solutions constructives proposées ou pour les moyens déployés pour leur mise en œuvre. Il a également été compris que les efforts de promotion de solutions innovantes doivent viser un encouragement à l'amélioration, une ouverture à plus de possibles, et éviter les risques d'être perçu comme des tentatives d'imposition.

Illustrant bien cet esprit d'ouverture des possibles, certaines initiatives, menées depuis plusieurs dizaines d'années, démontrent que les nouvelles technologies de construction en terre peuvent trouver toute leur place aux côtés des technologies conventionnelles. La construction en terre est un secteur légitime et en pleine expansion, notamment quand des cadres stratégiques appropriés (p. e. partenariats, approche itérative) ont été adoptés, permettant d'avoir un impact significatif sur l'ensemble du secteur local de la construction. Mais ce n'est pas toujours le cas.

L'analyse des expériences récentes conduit à formuler les recommandations suivantes afin de favoriser un changement d'échelle durable adapté à la diversité des contextes locaux. Ces principes ou pratiques devraient guider toute initiative, qu'il

s'agisse de formation ou de recherche, ou d'une combinaison des deux :

- adopter des approches et des pratiques pluridisciplinaires ;
- commencer la réflexion en étudiant et analysant les résultats des expériences et recherches passées, y compris celles du patrimoine local (et mondial) ;
- donner la priorité aux solutions existantes tout en évaluant leur pertinence, en identifiant correctement leurs forces et leurs faiblesses dans le contexte contemporain ;
- développer et diffuser des données scientifiques sur les techniques de construction locales afin qu'elles puissent être utilisées à terme, pour l'élaboration de lignes directrices ;
- explorer le potentiel de participation de la communauté aux différentes étapes du projet (prise de décision / mise en œuvre / utilisation), avec une identification préalable des possibilités et des limites réelles, à la fois temporelles (p. e. rythmes agricoles) et techniques (savoir-faire) ;
- identifier les besoins et les attentes des clients potentiels / groupes cibles, ainsi que leurs capacités techniques et financières. À cette fin, il est souvent très instructif de prêter attention à l'évolution et aux changements endogènes de l'architecture locale ;
- adopter une attitude ouverte et sincère à l'égard de la variété des possibilités (matières premières, stabilisateurs, techniques de production et de construction, équipement, organisation) et indiquer clairement les modifications des matières premières lorsqu'elles sont significatives ;
- penser de manière holistique en utilisant des critères de décision complémentaires : techniques, sociaux, économiques, environnementaux, culturels et de gouvernance / organisationnels ;
- faire un suivi de l'impact des innovations proposées, y compris l'identification des risques possibles pour le réseau professionnel existant ;
- penser simultanément la conception architecturale, le système constructif ainsi que les processus de construction et l'organisation et la gestion du travail sur le chantier ;
- ambitionner la mise en place de conditions favorables pour assurer un impact à long terme, au-delà de l'acte de construire ;
- adopter des approches stratégiques en impliquant des institutions ayant des rôles complémentaires dans le secteur de la construction. Explorer les meilleures pratiques locales dans d'autres secteurs (par exemple, l'agriculture, l'artisanat).

Les participants à la conférence appellent les institutions académiques et professionnelles à recruter des experts ou à former leur personnel enseignant à l'architecture de terre et aux cultures constructives locales. Plus spécifiquement, un appel est lancé à l'ENSAG-UGA pour qu'elle explore les possibilités d'établir une version anglaise de son post-master DSA Terre.

Ils recommandent l'établissement de collaborations larges pour entreprendre des activités de formation pratique et sur le terrain afin de mieux préparer les étudiants aux transitions écologiques et sociales nécessaires pour s'adapter au changement climatique.

Ils suggèrent également d'être proactifs dans l'élaboration de projets locaux, nationaux, régionaux et internationaux qui permettent de renforcer les liens entre les institutions de formation de différents niveaux (académique et professionnel).

Enfin, les participants appellent l'UNESCO pour un soutien accru au réseau de la Chaire UNESCO « Architectures de terre » et lui suggèrent d'établir un nouveau programme visant à reconnaître le potentiel de l'architecture en terre pour répondre aux défis mondiaux. En effet, le corpus des nombreux biens du patrimoine mondial construits en terre (plus de 200) peut permettre de développer des projets qui traitent des risques liés au changement climatique, qu'il serait probablement facile d'intégrer lors de la mise en œuvre des recommandations sur les paysages urbains historiques.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Terra Education IV conference was organised from 2nd to 4th July 2024 to discuss the need for «Changing scale». It was attended by more than 150 participants from 40 countries. From the 41 presentations given and the 25 posters displayed, the following conclusions and recommendations have been extracted:

The ideas launched more than 40 years ago towards more ecological and frugal building practices - based on the observation of existing earthen architectural heritage worldwide - are increasingly adopted by construction actors and decision makers due to the pressure linked to climate change and its associated risks.

In particular, training and research activities on earthen materials, construction and architecture are being introduced in educational institutions all around the world. They lead to a growing range of applications. But it appears clearly that too many of these initiatives remain a "one shot" achievement with prototypes or demonstration buildings that lack a reproducible character or are inapplicable in real life contexts. It must even be recognized that poorly prepared projects can lead to painful implementation, thus discouraging continuity. Observations of recent projects lead to identify the following potential traps that can easily be avoided:

- undertaking innovation or experimentation with lack of consideration to applicability;
- focusing on the improvement of the physical properties of the materials rather than designing adapted building systems/ architecture;
- reflecting on complex building methods and designs instead of being inspired from existing models that can be achieved with simple means as demonstrated in vernacular practices;
- being over-confident with the properties of earthen building materials;
- being over-confident of the actual capacities of communities to physically participate in projects;
- being influenced by existing architectural projects without having an adequate understanding of how they were realized;
- repeating attractive actions (e.g. demonstration, hands-on training sessions) or copy-pasting them without evaluation or reflection on the need to adapt them to ensure impact to the target territory.

Furthermore, backward or overly fundamentalist visions can provoke hard limitations in terms of applicability on a large scale, whether for the constructive solutions proposed or concerning the means deployed for their implementation! In that sense, it has also been revealed that appealing for counter-hegemonic solutions should not be presented as an intent to impose, but rather to improve or propose complementary solutions to the existing ones.

Illustrating that, some initiatives have now been established for several dozen years. They demonstrate that it is possible to find a place for new earthen construction technologies alongside well established ones through their strong presence in training curricula and in commercial networks. Earth building is a legitimate and also fast growing sector. There are also more and more new initiatives that have adopted proper strategic frameworks (e.g. partnerships, iterative approach) that have now started to have a significant impact within their overall local building sector. Though this is not always the case.

Thus, analysing recent experiences leads to make the following recommendations in order to foster a sustainable change of scale adapted to the diversity of local contexts. These principles or practices should guide any initiative, whether it be training or research, or a combination of both:

- adopt multi-disciplinary approaches and practices;
- ensure that initial concepts begin by learning from past experiences and research, including those of local (and global) heritage;
- give priority to existing solutions while evaluating their

pertinence, with proper identification of their strengths and weaknesses in the contemporary context;
• develop and disseminate scientific data for local building techniques so that they can eventually be used, for the elaboration of guidelines;
• explore the potential for community participation at different stages of the project (decision-making / implementation / use), with prior identification of the real possibilities and limitations, both temporal (e.g. agricultural rhythms) and technical (know-how);
• identify the needs and expectations of the potential clients / target groups, as well as their technical and financial capacities. To that end, paying attention to endogenous evolution and change of local architecture is often very instructive;
• adopt an open and sincere attitude towards the variety of possibilities (raw materials, stabilizers, production and construction techniques, equipment, organization) and clearly indicate raw material modifications when significant;
• think holistically through the use of complementary decision criteria: technical, social, economic, environmental, cultural, and governance / organizational;
• undertake impact assessment of proposed innovations, including identification of possible risks for the existing professional network;
• conceive architectural design simultaneously with building systems as well as construction processes and site work organization and management;
• facilitate the establishment of favourable conditions to assure long term impact, beyond the act of building;
• adopt strategic approaches by involving institutions with complementary roles in the building sector. Explore local best practices in other sectors (e.g. agriculture, craftsmanship);
• collaborate with local networks to identify projects that have potential to implement innovative, successful solutions that can be used by the general public;
• take stock of the global trend of the vanishing traditional transfer of knowledge and know-how (from elders to youth) and explore ways of transferring it in formal and informal training programs;
• address the need for training to be developed simultaneously at academic, technical and vocational levels;
• ensure the dissemination of best practices;
• develop activities beginning from basic education level that reflect a positive image of local heritage and inspire new construction.

The participants of the conference, call on both academic and vocational institutions to recruit experts or to train their existing teaching staff on earthen architecture and local building cultures. More specifically, a call is made to ENSAG-UGA to explore possibilities to establish an English version of its post master programme (DSA Terre).

They recommend mutual collaboration for undertaking hands-on and field training activities to better prepare students for the ecological and social transitions which are needed to adapt to climate change.

They also suggest to be proactive in the elaboration of local, national, regional and international projects that allow the reinforcement of links between training institutions of different levels (academic and vocational).

Finally, the participants call for further support from UNESCO through its UNESCO Chairs Network and suggest to establish a new program to recognize the potential of earthen architecture to respond to global challenges. This can be achieved by learning from the numerous world heritage properties built using earth (more than 200) by developing showcase projects that address risks linked to climate change, in particular while implementing the recommendations on historic urban landscapes!

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La conferencia Terra Education IV se organizó del 2 al 4 de julio de 2024 para debatir sobre la necesidad de «Cambiar de escala». Asistieron más de 150 participantes de 40 países. De las 41 ponencias orales y 25 pósters presentados se han extraído las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Las ideas generadas hace más de 40 años en pos de prácticas de construcción más ecológicas y frugales, basadas en la observación del patrimonio arquitectónico de tierra existente en todo el mundo, son adoptadas cada vez más por los agentes de la construcción y los responsables de la toma de decisiones, debido a la presión vinculada al cambio climático y sus riesgos asociados.

En particular, en las instituciones educativas de todo el mundo se están introduciendo actividades de formación e investigación sobre los materiales de tierra, la construcción y la arquitectura. Conducen a una gama creciente de aplicaciones, pero parece claro que demasiadas de estas iniciativas siguen siendo un logro único con prototipos o edificios demostrativos que carecen de carácter reproducible o son inaplicables en contextos de la vida real. Incluso hay que reconocer que un proyecto mal preparado puede dar lugar a una ejecución deficiente, lo que desincentivaría su continuidad. La observación de proyectos recientes lleva a identificar los siguientes errores potenciales que pueden evitarse fácilmente:
• emprender innovaciones o experimentaciones sin pensar en su aplicabilidad;
• centrarse en la mejora de las propiedades físicas de los materiales en lugar de diseñar sistemas constructivos / arquitecturas apropiados;
• reflexionar sobre métodos y diseños de construcción complejos en lugar de inspirarse en modelos existentes que pueden lograrse con medios sencillos, como demuestran las prácticas vernáculas;
• confiar demasiado en las propiedades de los materiales de construcción con tierra;
• confiar demasiado en las capacidades reales de las comunidades para participar físicamente en los proyectos;
• inspirarse en proyectos arquitectónicos existentes sin comprender bien cómo fueron realizados;
• repetir acciones atractivas o copiarlas y pegarlas sin evaluarlas ni reflexionar sobre la necesidad de adaptarlas para garantizar su impacto.

Además, las visiones retrógradas y excesivamente fundamentalistas pueden generar fuertes limitaciones en términos de aplicabilidad a gran escala, tanto para las soluciones constructivas propuestas como en lo relativo a los medios que deben desplegarse para su puesta en práctica. En ese sentido, también se ha aprendido que abogar por soluciones contrahegemónicas no debe presentarse como una intención de imponer, sino de mejorar o proponer soluciones complementarias a las existentes.

Para ilustrarlo, algunas iniciativas llevan ya varias decenas de años establecidas. Demuestran que es posible encontrar un lugar para las nuevas tecnologías de construcción con tierra al lado de las que están bien establecidas por su fuerte presencia en los planes de estudio de las organizaciones de formación y en los circuitos comerciales. La construcción con tierra es un sector legítimo y en rápido crecimiento. Cada vez hay más iniciativas nuevas que han adoptado marcos estratégicos adecuados (técnicos, de asociación, de enfoque iterativo, etc.) y que hoy empiezan a tener un impacto significativo en el conjunto del sector de la construcción local. Aunque no siempre es así. Así pues, el análisis de experiencias recientes lleva a formular las siguientes recomendaciones que deberían guiar cualquier iniciativa, ya sea de formación o de investigación, o una combinación de ambas, con el fin de fomentar un cambio de escala sostenible y adaptado al contexto local:
• adoptar enfoques y prácticas multidisciplinares;
• asegurarse de que las reflexiones iniciales parten del aprendizaje de experiencias pasadas y de la investigación, incluida la del patrimonio local (y global);
• dar prioridad a las soluciones existentes, evaluando al mismo tiempo su pertinencia e identificando adecuadamente sus puntos fuertes y débiles en el contexto contemporáneo;

• desarrollar y difundir datos científicos sobre las técnicas locales de construcción para que puedan utilizarse, en su caso, en la elaboración de directrices;
• explorar las posibilidades de participación de la comunidad en las distintas fases del proyecto (decisión/ejecución/uso), con identificación previa de las posibilidades y limitaciones reales tanto temporales (por ejemplo: ritmos agrícolas) como técnicas (conocimientos técnicos);
• identificar las necesidades y expectativas de los clientes potenciales / poblaciones objetivo, así como sus capacidades técnicas y financieras. Para ello, prestar atención a las evoluciones endógenas y al cambio de la arquitectura local suele ser muy instructivo;
• adoptar una actitud abierta y sincera ante la variedad de posibilidades (materias primas, estabilizadores, técnicas de producción y construcción, equipamiento, organización) y hacer explícita la modificación de la materia prima cuando sea sustancial;
• pensar de forma holística utilizando criterios de decisión complementarios: técnicos, sociales, económicos, medioambientales, culturales y de gobernanza / organización;
• realizar una evaluación del impacto de las innovaciones propuestas, incluida la identificación de posibles riesgos para la red profesional existente;
• pensar el diseño arquitectónico simultáneamente con el sistema de construcción, así como el proceso de construcción y la organización del trabajo en la obra;
• facilitar el establecimiento de condiciones favorables para asegurar el impacto a largo plazo, más allá de la acción constructiva;
• adoptar enfoques estratégicos implicando a instituciones con funciones complementarias en el sector de la construcción. Explorar buenas prácticas locales en otros sectores (agricultura, artesanía, ...);
• colaborar con las redes locales para identificar proyectos que tengan un buen potencial para aplicar soluciones innovadoras de éxito que puedan ser utilizadas por el público en general;
• hacer un balance del fenómeno mundial de desaparición de la transferencia de conocimientos y prácticas tradicionales y explorar vías para transferirlos en programas de formación formales e informales;
• abordar la necesidad de que la formación se desarrolle simultáneamente en los niveles universitario, técnico y profesional;
• garantizar la difusión de buenas prácticas;
• desarrollar actividades desde la educación básica que reflejen una imagen positiva del patrimonio local e inspiren nuevas construcciones.

Los participantes en la conferencia hacen un llamado a las instituciones académicas y profesionales para que contraten expertos o formen a su personal docente en arquitectura de tierra y culturas constructivas locales. Más concretamente, se hace un llamado a la ENSAG-UGA para que explore las posibilidades de establecer una versión inglesa de su posgrado (DSA Terre). También recomiendan la colaboración mutua para emprender actividades de formación práctica y sobre el terreno con el fin de preparar mejor a los estudiantes para la necesaria transición ecológica y social para adaptarse al cambio climático.

Sugieren ser proactivos en la elaboración de proyectos locales, nacionales, regionales e internacionales que permitan reforzar los vínculos entre instituciones de formación de distintos niveles (académico y profesional).

Por último, los participantes piden un mayor apoyo de la UNESCO a través de su red de Cátedras UNESCO. También sugieren establecer un nuevo programa que reconozca el potencial de la arquitectura de tierra para responder a los retos globales. Esto puede lograrse aprendiendo de los numerosos bienes del patrimonio mundial (más de 200) mediante el desarrollo de proyectos vitrina que aborden los riesgos relacionados con el cambio climático, aplicando, en particular, las recomendaciones sobre el paisaje urbano histórico.

Moenjodaro - DK area, Pakistan, 2023 © Soch Media

THEME 1

CONSERVATION, RÉHABILITATION ET ADAPTATION DU PATRIMOINE

CONSERVATION, REHABILITATION, AND ADAPTATION OF HERITAGE

CONSERVACIÓN, REHABILITACIÓN Y ADAPTACIÓN DEL PATRIMONIO

PROCESOS DIALÓGICOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA

Aarón DURÁN, Instituto Politécnico Nacional, México. (aarton.du@gmail.com)

RESUMEN

Revisión epistemológica de los sistemas constructivos tradicionales de tierra identificando desde una visión dialógica los puntos en común con prácticas en la producción social del hábitat, el arte relacional y la educación experimental. Por medio de explorar procesos para la restauración del patrimonio de las culturas constructivas de tierra, el caso de estudio abarca múltiples viviendas vernáculas en la Sierra Mixteca Alta de Oaxaca, México, producidas con materiales de origen local y procesados artesanalmente. La metodología es una investigación-práctica relacional que aborda las problemáticas en la conservación del ambiente cons-truido, llevando a cabo procesos comunitarios como instrumentos para lograr una visión prospectiva, transversal y subvertir sus dicotomías. Con esta investigación se busca redirigir las narrativas de la conservación y producción del hábitat hacia prácticas colaborativas, de autodeterminación, resignificación y revalorización; contribuyendo con estrategias para la intervención del ambiente construido tradicional.

INTRODUCCIÓN

En las culturas constructivas (Jorquera, 2014), la gestión social del hábitat (Ortiz, 2012) y el arte relacional (Costa, 2009), se han identificado procesos y prácticas que comparten una visión dialógica. Esto se refleja en la creación de prácticas horizontales de conocimiento-trabajo y del saber-hacer, promoviendo el diálogo entre múltiples voces y reconociendo las diversas visiones para incluir a las co-munidades y las personas que las conforman. La visión dialógica no solo impulsa la participación activa, sino que también fomenta la sostenibilidad, la integración y la resiliencia en la transformación y conservación del ambiente construido.

Desde esta óptica se experimenta con esos procesos y acciones para la conser-vación y restauración del patrimonio de las culturas constructivas de tierra, to-mando como caso de estudio un conjunto de viviendas tradicionales en la comu-nidad de Cruz de Piedra, San Jerónimo Sosola, en la Sierra Mixteca Alta de Oaxaca, México. Esta región es un bosque templado subhúmedo y las viviendas están producidas con cimientos y sobrecimientos de piedra y mortero de barro, muros de adobe sin recubrimientos y techumbres de teja de barro rojo recocido sobre *morillos* de madera de encino; el estado de conservación es vulnerable debido a incompatibilidad de materiales y sistemas constructivos por intervenciones recientes con materiales cementicios (Fig.1). La metodología aplicada en esta investigación es una investigación acción participativa y relacional, a

través de diversas prácticas colaborativas y comunitarias, que plantean contribuir con acciones concretas en la conservación del ambiente construido tradicional.

Para esta investigación, se han planeado actividades para abordar los retos de la conservación del ambiente construido en tierra desde una perspectiva comunitaria y participativa. Estas actividades desarrolladas han estado orientadas a la integración de saberes locales y técnicos, fomentando procesos de revalorización cultural y fortalecimiento de la identidad colectiva en torno a los sistemas constructivos tradicionales. Los resultados específicos de estas actividades comunita-rias serán evaluados de manera cualitativa mediante la observación participante, el análisis de narrativas generadas en los espacios de diálogo, y la sistematización de experiencias a través de entrevistas semiestructuradas. Cabe mencionar que en esta etapa aún no se tienen los resultados finales, se espera que estos procesos dialógicos permitirán identificar los impactos en la apropiación comuni-taria del patrimonio, los aprendizajes colectivos, y los cambios en las dinámicas sociales vinculadas a la conservación.

1. EPISTEMOLOGÍAS PARA ESCUCHARNOS

1.1. TEORÍA, PRAXIS Y POIESIS

La importancia de redireccionar la escala de la conservación del ambiente construido radica en la necesidad de ampliar el enfoque de intervención más allá de la mera preservación material o del monumento, hacia la valoración integral y el cuidado de la arquitectura local, de las expresiones mínimas que forman parte de las culturas constructivas (Tomasi et al., 2020). Siendo estas expresiones el reflejo y el archivo vivo de las técnicas, materiales y formas de vida tradicional de una comunidad específica. Por medio de reconocer y respetar la diversidad cultural y las prácticas constructivas locales, contribuyendo así a la preservación de la identidad cultural y el arraigo comunitario. Además, la conservación de la arquitectura vernácula puede tener un impacto significativo en el desarrollo sostenible, al fomentar la revitalización económica de las comunidades locales, promover el turismo cultural y mitigar el impacto ambiental al utilizar materiales y técnicas de construcción tradicionales. En este sentido, mirar hacia las culturas constructivas es fundamental para promover una conservación más inclusiva, participativa y holística del patrimonio y de los bienes culturales, que tenga en cuenta tanto el valor histórico como el contexto social, cultural y ambiental en el que se encuen-tran.

Este cuerpo de conocimiento ha sido abordado por diferentes autores, como Hassan Fathy (1973/2010), quien destaca la importancia de involucrar a la comunidad en el proceso de construcción, no solo para reducir costos, sino también para asegurar que las viviendas reflejen las necesidades y estilos de vida de sus habitantes. A esta afirmación, que es un resultado de sus prácticas y recuperada en su obra, se suma la visión de Enrique Ortiz (2012), quien defiende un enfoque participativo en el que los habitantes no solo son consultados, sino que son parte activa en el diseño, construcción y mantenimiento de sus viviendas y entornos urbanos (Fig.2). Este enfoque contrasta con los modelos de desarrollo top-down y la visión extractivista (Viveros Collyer, 2020), donde las decisiones son tomadas por agentes externos sin suficiente consideración de las necesidades y deseos locales (Di Virgilio, 2021).

Estas teorías inclusivas y sus posibilidades en la conservación de las culturas constructivas resuenan con la postura filosófica de Bruno Latour (2007), sobre la idea de objeto técnico, que,

Figura 1. Recubrimiento de muro de adobe con cemento ; intervención incompatible en vivienda tradicional de Cruz de Piedra, Oaxaca.
© Aarón Durán. 2023.

Figura 2. Procesos participativos, en Cruz de Piedra, Oaxaca.
© Aarón Durán. 2023.

para esta investigación, es el ambiente construido con tierra, entrelazado con las prácticas sociales que forman parte de las culturas constructivas locales. Esta relación se vuelve relevante para discutir los procesos de conservación y las acciones de restauración desde una perspectiva socio-técnica. La teoría del actor-red de Latour propone que tanto las personas como los objetos no humanos actúan como "actantes" en redes heterogéneas que influyen en los resultados sociales. Esta teoría se aplica para entender cómo las comuni-dades interactúan con su entorno construido y cómo estas interacciones modelan y son modeladas por las prácticas de conservación.

Es importante profundizar sobre la postura dialógica para el desarrollo de esta investigación que esta implementada en la estructura metodológica y los procesos empleados. Esta postura forma parte de la construcción epistemológica comunitaria o de las teorías comunitarias sobre el habitar que Jaime Martínez Luna (2004) ya ha trabajado, entorno a los conceptos de *comunalidad y compartencia*; estos términos son fundamentales para esta investigación en tanto marco conceptual y teórico como una forma práctica de aplicación, es así que se consi-dera la perspectiva dialógica como una postura fundacional de las teorías posco-loniales y postdisciplinares, que ha brindado entendimiento sobre las culturas constructivas como un espacio para la autodeterminación, la resignificación y la revalorización.

En este sentido hablar de dialógica va más allá de la simple conversación verbal o escrita; es un proceso de interacción social que implica una comunicación bidireccional y un marco para la colaboración investigativa. Se trata de una forma de comunicación humana que no solo transmite la realidad, sino que también parti-cipa activamente en su comprensión. Al

Figura 3. Procesos comunitarios en la restauración. San Miguel Cuyutlán.
© Aarón Durán. 2019.

ampliar el concepto de texto para incluir cualquier conjunto coherente de signos, Francisco Javier Soria López (2023) menciona que, la arquitectura se puede entender como un texto en sí mismo, que actúa como un medio para interpretar las experiencias antropológicas.

Esta perspectiva permite reconocer la existencia de múltiples verdades y concien-cias participativas, en contraposición a una única voz dominante que monopoliza el diálogo y niega la diversidad de perspectivas. En este sentido, las prácticas participativas y de cocreación pueden considerarse como formas de diálogo ampliado, donde diferentes actores contribuyen activamente en la creación y significación del entorno construido. Estas prácticas no solo permiten una mayor inclusión y diversidad de voces en el proceso de diseño, sino que también fomentan una comprensión más profunda y holística de las necesidades y aspiraciones de las comunidades involucradas (Fig. 3). Así, el diálogo en las intervenciones de restauración y las acciones de conservación no se limitan a la comunicación verbal o participación consultiva, sino que abarca una variedad de expresiones y formas de interacción que enriquecen la experiencia humana y promueven una mayor equidad al involucrar a las personas.

Recordar la noción de lo comunitario implica una redefinición y un cuestionamiento de los conceptos de comunidad, autonomía y colectividad, los cuales suelen ser abordados desde una perspectiva externa y no desde el entendimiento propio de las comunidades indígenas. Martínez Luna (2004) critica las prácticas académicas y gubernamentales que etiquetan las prácticas de "usos y costumbres", ya que esto implica una cierta subordinación. En este sentido, la *comunalidad* se vincula estrechamente con lo dialógico, al reconocer que el conocimiento no es universal ni jerárquico, sino el resultado de la construcción colaborativa de epistemologías situadas que emergen desde las prácticas y saberes propios de las comunidades. En cambio, el autor propone que la *comunalidad* se adquiera a través de la acción, mediante la experiencia directa en el territorio y la construcción de vida comunitaria. Concibe la *comunalidad* como un proceso organizativo llevado a cabo por aquellos que viven y producen su vida en el contexto comunitario.

La comunalidad se percibe como el concepto clave para entender la visión dialógica en esta investigación, ya que se revela como un proceso de resistencia y autonomía frente a las estructuras de poder dominantes que han impuesto categorías y etiquetas a las prácticas indígenas. Se complementa el marco conceptual con las teorías comunitarias y poscoloniales que enfatizan la importancia de comprender y valorar las formas de organización y conocimiento propias de las comunidades locales, reconociendo su capacidad de autogestión y autodeterminación. En este sentido, la dialógica se dimensiona en las prácticas comunitarias y el concepto de *comunalidad* siendo un espacio de resistencia epistémica y política,

donde las comunidades indígenas reivindican su derecho a definir y practicar sus propias formas de vida en armonía con su entorno natural y cultural.

2. ONTOLOGÍAS DE LO COMUNITARIO

2.1. MÉTODOS PARA LA COCREACIÓN DEL CONOCIMIENTO

La Investigación Acción Participativa y la Investigación Relacional brindan un marco metodológico idóneo para abordar los problemas en la conservación de las arquitecturas tradicionales de manera integral, colaborativa y situada[1]. Permiten involucrar activamente a las comunidades locales, documentar y valorar sus conocimientos y prácticas de manera situada (Haraway, 1995) es decir sin generalizar, esto para promover procesos transformadores que las empoderen como custodias de su propio patrimonio y bienes culturales.

Sabiendo que las culturas constructivas son el producto de conocimientos y prácticas constructivas locales, arraigadas en un contexto sociocultural específico (Fig. 4), se propone redirigir y plantear estrategias efectivas de conservación en el mediano y largo plazo, es así que se considera fundamental involucrar a las comunidades locales que son portadoras de estos saberes[2]. Es por ello que abordar la investigación desde la perspectiva dialógica se volvió crucial, al promover la participación activa de los actores sociales en el proceso de investigación, sobrepasando la dicotomía sujeto-objeto y generando conocimientos situados y pertinentes. Para esta investigación es congruente conservar los aspectos materiales y técnicos, así como considerar las dimensiones sociales, culturales y simbólicas que le dan sentido. Estas relaciones dan cabida a los procesos dialógicos e intersubjetivos, desde las propias voces, significados y experiencias de las comunidades involucradas.

En el contexto de la conservación, esto implica empoderar a las comunidades locales como protagonistas y custodios de su patrimonio, de su herencia cultural, en lugar de imponerles soluciones externas. Al enfatizar la naturaleza relacional y situada de todo conocimiento, se reconoce que los saberes y

1. Partiendo y aplicando el concepto de Conocimiento situado de Donna Haraway (1995), que tiene el compromiso ético con las comunidades participantes y promueve un enfoque más inclusivo y representativo.

2. Haciendo referencia al conjunto de conocimientos, expresiones y experiencias para la cocreación epsitemológica desde una visión interseccional, transversal, comunitaria y multiactoral.

Figura 4. Procesos comunitarios en la restauración, Santa María Tepantlali.
© Aarón Durán. 2019.

prácticas y sistemas constructivos vernáculos se producen y transmiten a través de relaciones sociales, de vínculos entre las personas, materiales, el paisaje y su entorno. Por lo tanto, resulta fundamental documentar, comprender e incluir estas redes de relaciones que dan forma a las culturas constructivas. Por medio de distintos procesos y herramientas tomadas de otras disciplinas y prácticas no disciplinares como la cartografía social, el arte educación, la educación experimental, el diseño participativo y el compartir los saberes, donde se promueve una mirada crítica hacia las dicotomías modernas entre naturaleza-cultura, sujeto-objeto, etc. Esto es clave en la conservación, donde a menudo se tiende a separar erróneamente los aspectos materiales de los socioculturales, o a considerar la arquitectura como un objeto desvinculado de sus contextos, relaciones y de las comunidades.

2.2. HÁBITAT Y PAISAJE

Las culturas constructivas, la vida cotidiana y la concepción del paisaje en el habitar se conciben como una relación indisociable, es entonces donde las intervenciones para la restauración del ambiente construido se invitan a plantearse desde la *multidimensionaldiad*[3], hacia una *pluriactoralidad*[4] y entenderse desde la *multiescalaridad*[5]. Desde la concepción de Ortiz (2012) para la producción social del hábitat se denota la importancia de soluciones habitacionales que no solo sean sostenibles desde el punto de vista ambiental, sino también adecuadas culturalmente. Este planteamiento se propone aplicar hacia la conservación de las arquitecturas vernáculas, ya que antepone una visión situada y contextualizada temporal y socialmente.

Cobra especial relevancia que el paisaje es más que un telón de fondo donde se existen los asentamientos humanos, es un componente activo y dinámico que influye y es influido por las formas de habitar (Fig. 5). El hábitat tradicional, surge de la relación simbiótica con el entorno natural, modelando el paisaje al mismo tiempo que se adaptan a sus condiciones. Es aquí donde esta investigación busca fortalecer esta relación

3. Teniendo como objetivo la visión integral para expresar desde las distintas voces, visiones y di-mensiones que tienen el ambiente construido.

4. Siendo las personas que habitan o han habitado ese ambiente construido se vuelve principal su participación más allá de la consulta, sino más en la posibilidad en la toma de decisión y con la integración de sus saberes que Paulo Freire (1995) lo enuncia en la dialógica.

5. Para llegar a esa dimensión local y mínima de la expresión humana, de los grupos y de las comu-nidades dando pie a una visión más allá del cortoplacismo, anteponiendo la urgencia de re-visitar esos saberes populares y comunitarios.

Figura 5. Paisaje que rodea el hábitat, Santa María Tepantlali.
© Aarón Durán. 2019.

hábitat-paisaje. A través de los procesos dialógicos y colaborativos con un enfoque transdisciplinar, al combinar conocimientos arquitectónicos, sociológicos, ecológicos y otros saberes, donde se puede explorar cómo los factores culturales, sociales, económicos y ambientales se entrelazan para dar forma a los patrones del asentamiento humano y su impacto en el paisaje circundante.

Es por ello que la mayor parte de los procesos para establecer el diálogo y la revalorización se realizan por medio de la documentación colaborativa de los conocimientos tradicionales sobre el uso sostenible de los recursos naturales, las técnicas constructivas adaptadas al entorno y las cosmovisiones que guían su relación con el paisaje. En este sentido, esta investigación puede incidir en la formulación de políticas públicas y normativas que promuevan un desarrollo territorial equilibrado, la visión de la conservación trasladada a estas arquitecturas respetando los valores patrimoniales y los conocimientos locales, al tiempo que garantiza la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad del paisaje, contribuyendo a un cambio de paradigma, donde el ambiente construido se conciba no como una imposición sobre el entorno, sino como un componente más de un sistema socioecológico integrado y coevolutivo, que comulga con la definición y entendimiento de las culturas constructivas.

La dimensión simbólica y social del paisaje y la arquitectura vernácula es fundamental para comprender la relación entre las comunidades humanas y su entorno construido. Tanto el paisaje como la arquitectura vernácula actúan como portadores de significado cultural, simbolizando la identidad, las tradiciones y los valores de las sociedades que los habitan. El paisaje tiene una dimensión simbólica profunda que refleja las creencias, mitos y narrativas culturales de una comunidad, ya que los elementos naturales y construidos del paisaje pueden estar imbuidos de significado cultural, representando conceptos abstractos como la fertilidad, la protección, la espiritualidad o la pertenencia a un grupo étnico o cultural específico. Es pertinente destacar que hablar de paisaje y el entorno es crucial al conformar las intervenciones de restauración de las arquitecturas tradicionales, siendo los elementos de paisaje como los ríos o un árbol ser considerados como lugares sagrados, especiales o importantes para un grupo o por una comunidad.

Por otro lado, las expresiones de arquitectura vernácula reflejan la forma en que una comunidad se relaciona con su entorno natural y social. Los procesos de los sistemas constructivos empleados, los materiales utilizados y los elementos arquitectónicos son el resultado de siglos de adaptación y conocimiento acumulado sobre cómo vivir en armonía con el entorno local. En este sentido no solo proporciona refugio físico, sino que también fortalece el sentido de identidad y pertenencia de una comunidad, al tiempo que fomenta la cohesión social y el sentido de comunidad. Pudiendo desempeñar un papel importante en la preservación de la memoria colectiva y la transmisión intergeneracional de conocimientos y valores. Los edificios y estructuras históricas son testimonios tangibles de la historia y la cultura de una comunidad, y su conservación contribuye a mantener viva la herencia cultural y a fortalecer el sentido de continuidad y pertenencia.

Esta relación simbólica entre hábitat y paisaje deviene simbólica y social y permite reconocer su dimensión física y funcional. Actuando como expresiones tangibles de la cultura y la identidad de una comunidad, sirviendo como puntos de referencia y vínculos emocionales entre las personas y su entorno construido. Su preservación y valorización son fundamentales para garantizar la sostenibilidad cultural y social de las comunidades humanas en el largo plazo.

3. DE LA CONSERVACIÓN BIOCULTURAL

3.1. ARQUITECTURAS AFECTIVAS Y CULTURAS CONSTRUCTIVAS

El patrimonio de los sistemas de construcción vernácula se mantiene vivo a través de la memoria oral y las edificaciones producidas en las comunidades, es por ello que se concibe la visión dialógica en el desarrollo de esta investigación, al abordar los desafíos de conservación desde una perspectiva relacional. Si bien hay una discusión inacabada sobre la definición de las arquitecturas tradicionales, vernáculas o populares, es fundamental dimensionar la importancia de comprender las culturas constructivas como ese conjunto de expresiones y experiencias para el habitar cotidiano de las diferentes comunidades rurales, y cómo perviven en su relación con su contexto y sus relaciones.

El ambiente construido con tierra engloba los saberes y la eficacia tecnológica de utilizar recursos naturales disponibles en la zona para construir edificaciones duraderas y resistentes. Además, el conocimiento transmitido de generación en generación sobre cómo trabajar con el barro y otros materiales locales ha contribuido al desarrollo de técnicas constructivas únicas. Culturalmente, estas construcciones son un testimonio de la conexión profunda entre las comunidades locales y su entorno. La arquitectura de tierra refleja la identidad cultural y las tradiciones de la población que la creó, mostrando un profundo respeto por la naturaleza y una forma de vida en armonía con el entorno. Explorar la intersección entre la arquitectura de tierra, su impacto tecnológico y cultural, puede brindar una comprensión más profunda de cómo las sociedades del pasado se adaptaban de ma-nera sostenible a su entorno. La dimensión tecnológica social de la arquitectura vernácula y las culturas constructivas de tierra, no solo implica entender las técnicas constructivas, sino también las prácticas sociales, los conocimientos tradicionales y las relaciones comunitarias que influyen en la forma como se construye y se habita el entorno construido de tierra.

La dimensión intangible del ambiente construido con tierra es igualmente importante: es donde las culturas constructivas tienen mayor injerencia y se refiere a aquellos aspectos no materiales que están intrínsecamente ligados a su significado y valor cultural (Jorquera, 2014). Incluye elementos como los conocimientos tradicionales transmitidos de generación en generación, las prácticas y técnicas constructivas ancestrales, las historias y mitos asociados a los lugares y edificaciones, así como las tradiciones y costumbres arraigadas en la forma de habitar de una comunidad.

Otro gran concepto asociado al ambiente construido son los saberes locales y comunitarios, esos procesos y sistemas de construcción específicos, métodos de uso sostenible de los recursos naturales, y saberes relacionados con la adaptación al clima y al entorno local. Son transmitidos oralmente de generación en generación desde el saber-hacer y representan una forma de sabiduría colectiva acumulada a lo largo del tiempo (Fig. 6). Son una forma de conocimiento tácito que se manifiesta en la manera en que se construyen y mantienen los edificios tradicionales. Pueden transitar a hacia narrativas que son transmitidas a lo largo del tiempo contribuyendo a enriquecer el significado cultural de los espacios y a fortalecer el sentido de identidad y pertenencia de una comunidad. Esta visión integral representa una oportunidad para reconocer la conexión emocional, espiritual y natural que las personas tienen con su ambiente construido, así como la riqueza de conocimientos y prácticas que sustentan su existencia y continuidad a lo largo del tiempo que están archivadas en sus propios hábitats. Su preservación y valorización son fundamentales para garantizar la conservación de la identidad cultural y el patrimonio de las comunidades humanas.

Otro gran concepto asociado al ambiente construido son los saberes locales y comunitarios, esos procesos y sistemas de construcción específicos, métodos de uso sostenible de los recursos naturales, y saberes relacionados con la adaptación al

Figura 6. Talleres para la transmisión de los saberes, Santa María Tepantlali.
© Aarón Durán. 2019.

3.2. BIOCULTURALIDAD E IDENTIDAD PARA LA CONSERVACIÓN

Resulta clave subrayar que hay todo un desarrollo en cómo las construcciones con tierra son sostenibles, pues utilizan materiales del entorno local y son eficientes en cuanto a la energía, especialmente en climas calurosos (Fathy, 1973/2010). Hablar de culturas constructivas puede revelar estratégias de diseño y prácticas habitacionales que minimizan la huella ecológica y fomentan un equilibrio dinámico con el entorno natural y entre las comunidades, y se puede transitar hacia formas de habitar resilientes y enriquecedoras, en armonía con la diversidad de paisajes. Es significativo el que las narrativas de la conservación se orienten hacia prácticas dialógicas, participativas y comunitarias en las intervenciones, en los procesos y en las acciones para su restauración. Es en este lugar donde la investigación puede registrar enfoques de planificación y diseño, por ejemplo, mediante el mapeo de características ambientales, culturales y socio-económicas, que pueden identificar patrones y oportunidades de los asentamientos humanos resilientes y en sintonía con las dinámicas del paisaje.

La biodiversidad y la diversidad cultural están intrínsecamente interconectadas en el concepto de bioculturalidad, que reconoce la estrecha relación entre los ecosistemas y las culturas humanas (Shiva, 2005). Este enfoque biocultural enfatiza cómo las prácticas culturales, los conocimientos tradicionales y las formas de vida de las comunidades locales están profundamente arraigados en su entorno natural, configurando una relación de co-dependencia entre el medio ambiente y las expresiones culturales. La bioculturalidad no solo destaca el impacto de las actividades humanas en la conservación de la biodiversidad, sino que también subraya cómo la pérdida de diversidad cultural afecta negativamente la resiliencia de los ecosistemas. En este sentido, promueve un entendimiento integral del territorio, reconociendo la importancia de los saberes locales y las prácticas comunitarias como herramien-

tas esenciales para la sostenibilidad ambiental y cultural, así como para la adaptación frente a los desafíos del cambio climático.

En este contexto, la memoria local desempeña un papel fundamental al preservar y transmitir los conocimientos, prácticas y valores ancestrales de una comunidad en relación con su entorno natural (Fig. 7). Esta memoria local actúa como un repositorio vivo de saberes tradicionales sobre el uso sostenible de los recursos naturales, las técnicas de manejo del paisaje y la adaptación al cambio ambiental. A través de cuentos, mitos, ceremonias y prácticas cotidianas, se transmiten de generación en generación las experiencias acumuladas y las lecciones aprendidas sobre cómo convivir armoniosamente con la naturaleza. La identidad comunitaria se nutre de esta memoria local, ya que está íntimamente ligada a la relación de una comunidad con su entorno natural y cultural. La diversidad biocultural de un lugar no solo proporciona los medios de subsistencia y el sustento material de una comunidad, sino que también moldea su identidad colectiva, valores compar-tidos y sentido de pertenencia. Las tradiciones, creencias y prácticas arraigadas en la memoria local refuerzan el vínculo emocional y espiritual de una comunidad con su territorio, proporcionando una base sólida para la cohesión social y la resi-liencia frente a los desafíos del cambio global. En este sentido, la preservación de las culturas constructivas se vuelve esencial para salvaguardar la identidad cultural y fortalecer la conexión de las comunidades con su patrimonio biocultural, promoviendo así la sostenibilidad y el bienestar humano en armonía con la naturaleza.

3.3. HALLAZGOS Y CONJETURAS PARA DIALOGAR

La implementación de un enfoque dialógico en esta investigación ha colocado en primer lugar los sistemas constructivos tradicionales y las prácticas comunitarias para compartir los saberes transmitidos oralmente y en la acción. Esta visión expandida de los esfuerzos de conservación ha resultado en una transformación significativa en la aproximación al patrimonio y preservación de la arquitectura de tierra de la Sierra Mixteca de Oaxaca, México. Al adoptar prácticas horizontales de conocimiento y trabajo, se ha fomentado un diálogo enriquecedor entre diversas voces, integrando visiones y necesidades de la comunidad y las personas (Fig. 8). Este enfoque ha generado formas sostenibles, integradas y resilientes de restauración y conservación del ambiente construido de tierra, reconociendo las relaciones de las personas con el paisaje y la importancia del papel que tiene como documento vivo de los sistemas constructivos históricos y tradicionales de la zona.

Figura 7. Detalle de los materiales y elementos de ambiente construido construcción tradicional en San Jerónimo Sosola.
© Aarón Durán. 2022.

En este contexto, los procesos de producción y conservación del patrimonio se manifiestan como expresiones de autodeterminación, es así que las personas se erigen como sujetos históricos, dando forma a su entorno y construyen su propia identidad patrimonial. Este enfoque dialógico, más que simplemente preservar estructuras físicas, nutre y celebra las historias, tradiciones y modos de vida asociados en el territorio y con el paisaje. Así, el diálogo entre el pasado y el presente se convierte en el fundamento sobre el cual construimos un futuro que abraza y refleja la riqueza diversa de nuestras experiencias culturales. Este proyecto de investigación acción ha explorado el concepto de las culturas constructivas y la gestión social del hábitat desde una investigación relacional, evidenciando cómo esta visión enriquece la conservación de las culturas constructivas. Los sistemas constructivos de tierra se revelan como memorias vivas arraigadas en los territo-rios y expresiones fundamentales de identidad local.

El paradigma dialógico no solo transforma la comprensión de la historia, registro y documentación de los sistemas constructivos tradicionales y de la construcción vernácula, sino que también redefine la relación entre las personas y su patrimonio, permitiendo que las comunidades sean sujetos históricos activos y significativos en la preservación de su herencia cultural. El diálogo se convierte en un medio para empoderar y responsabilizar a las comunidades en la preservación de su patrimonio y bienes culturales.

Se reconoce a la investigación acción participativa como una metodología que se encuentra fuera de las estructuras convencionales y se sitúa en la acción. Esta idea puede ser usada para explorar cómo elementos de la vivienda vernácula, como materiales locales y técnicas de construcción, actúan dentro de redes sociales y culturales. Híbridos de naturaleza y cultura: Latour (2007) a menudo discute la fusión de lo social y lo material en "híbridos". Aplicado a las arquitecturas popu-lares, esto podría traducirse en cómo las soluciones de vivienda incorporan tanto influencias culturales, como materiales naturales.

En el trabajo de campo, uno de los principales desafíos identificados fue la resistencia inicial de las comunidades a parti-

cipar en procesos de conservación que históricamente habían sido impuestos desde enfoques técnicos externos, ajenos a sus contextos culturales y sociales. Esta desconfianza se superó mediante la implementación de procesos dialógicos que priorizaron el respeto a los saberes locales y la creación de espacios de colaboración horizontal. La diversidad de perspectivas dentro de las comunidades ha implicado gestionar tensiones entre generaciones sobre la continuidad de los sistemas constructivos; esto se abordó mediante talleres relacionales que fomentaron el intercambio de conocimientos y la resignificación de estas tradiciones como parte de su identidad.

CONCLUSIÓN

La investigación ha proporcionado una valiosa oportunidad para examinar y valo-rar los saberes locales arraigados en los sistemas constructivos de tierra y por ende las culturas constructivas, constituyendo un testimonio único de la riqueza cultural y las posibilidades tecnológicas. A través de enfoques participativos y colaborativos, se han desarrollado acciones que permiten vislumbrar un futuro prometedor en la superación de los desafíos asociados a la restauración y conservación del ambiente construido de tierra. La incorporación de la memoria colectiva y la identidad biocultural de las comunidades locales ha sido fundamental en este proceso, ya que ha permitido celebrar y preservar la diversidad de expresiones culturales inherentes a la arquitectura vernácula. En este sentido, se ha promovido una co-creación del conocimiento que reconoce la importancia de las perspectivas locales y la transmisión intergeneracional de saberes tradicionales. Este enfoque holístico no solo contribuye a la salvaguarda del patrimonio arquitectónico, sino que también fortalece los lazos comunitarios y promueve un desarrollo sostenible y culturalmente sensible. Asimismo, la trasmisión tecnológica y de saberes desempeña un papel crucial en este proceso, facilitando la transferencia de conocimientos técnicos y prácticos entre generaciones y comunidades. En última instancia, la conservación de los sistemas constructivos de tierra no solo representa un acto de preservación histórica, sino también un compromiso con la revitalización cultural y el empoderamiento de las comunidades locales para garantizar la continuidad y la resiliencia del ambiente construido tradicional.

Figura 8. Cartografía social para elaborar un diagnóstico participativo.
© Aarón Durán. 2023.

BIBLIOGRAFÍA

Costa, F. (2009). "Ramona". *Revista de artes visuales*, (88), pp. 9-17. ISSN 1666-1826.

Di Virgilio, M. (2021) "Participación social y gestión del hábitat: formas y tipos de participación en la experiencia de América Latina". *POSTData: Revista de Reflexión y Análisis Político 26* (1), pp. 11-46. Disponible en : https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8164111. (Accedido: 11 junio 2023).

Fathy, H. (1973/2010). *Architecture for the Poor: An Experiment in Rural Egypt*. University of Chicago Press.

Haraway, D. (1995) *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reinvención de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.

Jorquera Silva, N. (2014) "Culturas Constructivas Que Conforman El Patrimonio Chileno Construido En Tierra", *AUS*, (16) pp. 30-35. DOI https://doi.org/10.4206/aus.2014.n16-06.

Latour, B. (2007) *Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford: Oxford University Press.

Martínez Luna, J. (2004) "Comunalidad y desarrollo: diálogos en la acción." Disponible en : www.trabajaen.conaculta.gob.mx/

Ortiz Flores, E. (2012) *Producción Social de La Vivienda y El Hábitat. Bases Conceptuales y Correlación Con Los Procesos Habitacionales*. 1a ed. Hábitat International Coalition • HIC. https://hic-al.org/2018/12/28/produccion-social-de-la-vivienda-y-el-habitat-bases-conceptuales-y-correlacion-con-los-procesos-habitacionales/ (Accedido : 11 junio 2023).

Shiva, V. (2005) E*arth Democracy: Justice, Sustainability and Peace*. Zed Books.

Soria López, F. (2003) *Arquitectura Y Naturaleza a Finales Del Siglo XX 1980-2000. Una aproximación dialógica para el diseño sostenible en arquitectura*. DOI: https://doi.org/10.5821/dissertation-2117-94109.

Tomasi, J, Julieta Barada, María Florencia Barbarich, Natalia Soledad Veliz, y Analia Virginia Sai-quita. (2020) "Culturas construtivas com terra no alto espaço andino. abordagens tecnológicas e sociais desde o norte da Argentina». *Em Questão*, (noviembre), pp. 261-90. DOI: https://doi.org/10.19132/1808-5245260.261-290.

Viveros Collyer, F. (2020) "¿Qué Es Extractivismo? Una Historia Latinoamericana), *El Quinto Poder*. Disponible en : https://www.elquintopoder.cl/politica/que-es-extractivismo-una-historia-latinoamericana/. (Accedido: junio 2023).

NOTA BIOGRÁFICA DEL AUTOR

Aarón DURÁN es artista e investigador especializado en proyectos de conservación biocultural mediante investigación en, desde y para las artes. Implementa procesos de pedagogías expandidas, diseño colaborativo, coproducción y gestión social del hábitat. Su trabajo se ha desarrollado en la Cuenca de México y otros territorios nacionales, colaborando con instituciones, comunidades y colectivos artísticos y culturales.

CONTEMPORARY CONSERVATION PRACTICE AND TRADITIONAL WISDOM – KNOWLEDGE EXCHANGE FOR HIMALAYAN WALL PAINTING CONSERVATION

Anca NICOLAESCU, Tibet Heritage Fund / ARTCARE (ancanicolaescu@yahoo.com)
Yutaka HIRAKO, Tibet Heritage Fund (pingzifeng@hotmail.com)
Pimpim de AZEVEDO, Tibet Heritage Fund (thf_pimpim@hotmail.com)

SUMMARY

This paper describes the relationship between modern conservation principles and the preservation of cultural heritage where the connection between the custodians and their sacred heritage remains very strong and vital.

The paper highlights engagement with younger people striving to maintain a strong connection to their cultural and spiritual obligations. The role of the conservator is to pass on skills and decision making around conservation treatments while emphasizing the need for thorough training to undertake such projects. The custodian ensures that all works meet the spiritual respect of the objects and to bring, in some cases, craft skills that inform and adapt the conservation process.

Various examples of approaches will be presented, largely drawn from conservation projects experiences in Himalayan region (mainly Ladakh and Sikkim) where the authors have worked with custodial groups in addressing preservation needs.

INTRODUCTION

Long before the modern age, artisans, spiritual masters, pilgrims and traders would travel widely across the Himalayan plateau and adjacent regions. Borders had little meaning for them. The event of the 20th century has led to new borders being drawn, and ancient borders, that for centuries have marked little more than local taxation base, have become impregnable walls separating communities. This deprived Himalayan culture of its traditional dynamics.

Ladakh is situated at the far western end of the great snow-capped mountains of the Himalayas in the Indian state of Jammu and Kashmir. Its capital Leh stands at an altitude of 3,500 meters. For hundreds of years, Leh has been a meeting place of the trade routes with neighbour regions of Tibet, Xinjang, Kashmir and between India and China.

Wall paintings are an important component of Himalayan Buddhist heritage. The interior clay rendered walls of temple halls, monastic assembly halls and shrines are painted in their entirety. Compared with other Himalayan regions, where many historic monasteries and their paintings were damaged due to either political or natural misfortunes the small territory of Ladakh preserves an astounding number of early paintings.

Tibet Heritage Fund's (THF) first involvement with Himalayan heritage conservation started more than 25 years ago by documenting and preserving vernacular architecture in the area and reviving local craft knowledge. The importance of sustaining the traditional local crafts proved to be significant not only on practical works but also in learning about the local materials and understanding their performance.
The heritage value of craftmanship has been acknowledged in 2008 by NARA Grid during the evaluation scheme based on the NARA document of authenticity and included in the Western conservation approach (especially when dealing with architectural heritage), in which the value of the conservation of the original material and fabric prevailed[1].

1.PROBLEMATIC OF THE EARTHEN BUILD HERITAGE IN THE AREA

1.1. VERNACULAR BUILDINGS DEGRADATION

The built heritage of Ladakh, comprising both vernacular and religious earthen architecture, often located in very remote places and at high altitude, is particularly exposed to rain and wind erosion. This vulnerability is enhanced with climate change that has created new conditions for which these structures were not originally designed to withstand.

1. K. van Balen. NARA grid: (2008), pp.39-45

Figure 1. Roof failure and losses of painted surface due to water leaks. Lotsawa Lhakhang, Ladakh.
© Nicolaescu.

The Himalayan area is known for its seismic activity. Many traditional buildings were damaged, which led to the construction of new, quickly built concrete-frame structures that were considered stronger and safer. We have witnessed this transformation in Gangtok-Sikkim where massive rebuilding in concrete cause the loss of the vernacular architecture.

In Ladakh, the significant increase in rainfall over the past few decades, driven by climate change, has led to unprecedented flash floods and landslides, which in turn spurred a rapid rise in new construction and the adoption of new materials.
The new buildings replace heritage buildings and result in the loss of the historic townscape.

Additionally, the natural decay of buildings is compounded by the limited technical and financial resources of the owners, whether individuals or temple authorities, making it difficult to maintain the structures. The decline of traditional building practices and local craftsmanship resulted in inadequate maintenance of earthen architecture, including issues such as excessive weight on roofs, leading to their collapse (Fig. 1), and the use of cement or other unsuitable materials for repairs.

1.2. WALL PAINTINGS DEGRADATION AND CONSERVATION ISSUES

The indissoluble connection between architecture and murals means that the latter is affected by the same degradation factors as the building and sometimes even more seriously due to the water sensitivity of the original mural technique.

Detachments, cracks and loss of adhesion can affect various levels of the overall stratigraphy, from the earthen-based walls to the upper paint layers, and losses of original materials can be sometimes extensive.

Powdering and different types of flaking of the paint layer are due to the inherent susceptibilities of original materials in such environmental conditions.

But the gravest damage encountered, and most difficult to resolve, is the detachment and delamination of the mural support.

All these degradations progressed in conjunction with the declining of the traditional paint materials and practice as an effect of imported mass-produced goods leading to a considerably diminished quality of workmanship.

In Sikkim we had the chance to restore maybe one of the last mural ensemble from Tsukhlakhang the Royal temple from Gangtok, painted in 1920, where the qualities of the sophisticated old mural technique were still visible with only few synthetic pigments present in the pallet.

But, unfortunately the nature and quality of wall paintings was dramatically affected in Sikkim where in new temples or very badly earthquake damaged ones, cloth replaced earthen plaster as normal support for paintings. This meant that traditional painting techniques were replaced by a quicker, more cost-effective method, where paintings were created off-site on canvas and then glued to the walls.

2. CONSERVATION APPROACHES - CONTEMPORARY CONSERVATION AND TRADITIONAL KNOWLEDGE

2.1. TRADITIONAL MAINTENANCE

Traditional practice of maintenance of the religious dwellings was established as a monastic duty during one of earliest Buddhist councils.

Restauration and renewal of their symbolic form and meaning, and the need to appreciate them in their completeness, are among the most significant value system attached to Buddhist heritage. This is completed by the concept of merit-making whereby people engage in and contribute to repair work[2]. Beside this, "*the ancient Buddhist doctrine of impermanence and change of all things in existence and the natural acceptance of decay forms a confrontation with the International approach of conservation*"[3].

Nevertheless, following the same doctrine of "impermanence and change" new conservation approaches has been gradually accepted by the custodians or local Buddhist communities during the preservation of their heritage.

Even though the theory of proportions followed in image-making and painting, outlined in ancient texts enable trained artists to both create new paintings as well as renew damaged ones, their technique and materials are not of the same artistic or ichnographical refinement as the earlier ones.

This point was also raised by the late Rinpoche Dzongsar Ngari Chödje: "*The older a monastery, the better is the accuracy of iconography of statues and paintings, and most essentially, the greater is the spiritual value because they were blessed and consecrated by those great old masters*."[4]

A similar comment was recorded by us, during a meeting with a very remote local women's community from North Sikkim, who were asking for advice on saving their temple badly damaged by a 6.9 Richter scale earthquake (2011). They wanted structural repairs and replacing the old, damaged murals with new ones.

2. Wijesuriya, G. 2008. Values and criteria in heritage conservation, pp-73-79.

3. Idem, pp 3.

4. T. Sharma 2014. Revisiting authenticity in the Asian context, pp.45-51

During a meeting including the local women's committee, the monk responsible for performing the religious rituals, architects, and anthropologists, the conservators offered a proposal to stabilize the whole earthen temple using modern conservation techniques, including the 18th century murals. The women's response was in favour of preserving the existing murals "where all their ancestors' prayers were accumulated" making the temple even more valuable from a spiritual and emotional point of view. The architecture and murals have now been stabilized by THF's team without completion of the missing iconography to this point.

2.2. MODERN CONSERVATION APPROACHES

Buddhist built heritage has tangible and intangible values that are important for local identity and its preservation.

The vernacular architecture or the Buddhist temples, still regularly used for ritual purposes, are not preserved as historic monuments but as a living and active - even interactive - space between art/craft (the wall painting and the sculptures), spirituality (rituals) and people who step inside.

A modern conservation strategy must consider all these values and respond to technical and philosophical challenges of preserving the local heritage. Informing the custodians about potential conservation strategies from the outset of the project is a crucial step that can significantly influence the future of the heritage, as outlined above.

The conservator's role is to research the original heritage fabric, transfer relevant skills, and guide decision-making regarding conservation treatments, while stressing the importance of comprehensive training for such projects. The custodian, on the other hand, ensures that all work respects the spiritual significance of the heritage and contributes local craft skills that inform and adapt the conservation process.

2.3. WALL PAINTINGS CONSERVATION APPROACHES

Our conservation strategy covered always the two above mentioned aspects of the murals: its materiality and its visual discourse articulated throughout its complex iconography and symbolistic.

Conducting in situ observation, documentation, and laboratory analysis of mural techniques is a crucial step in understanding the original materials and identifying the causes of deterioration, which is essential for developing appropriate intervention strategies and methodologies.

The Buddhist wall painting technology it is an extremely complex one. The murals are painted on a multilayer earthen support having a paint layer comprising superposition of different pigmented layers from coarser through to medium-rich layers

such as glazes or selective coatings. Depending on the nature of the pigments, they were used in either thick or thin layers, a fact which gave the surface different aspects – more matt-rough, smooth-polished or translucent.

Following the results of our analysis the azurite was sometimes applied over a layer of charcoal black for a deeper colour (Chamba Lhakhang 15th century from Leh, Ladakh; and Lotsawa Lhakang 15th century from Shangrong, Ladakh).

All those sophisticated techniques and details prove the painter's extraordinary knowledge of the materials and their properties.

2.3.1. Treatment of fabric of the wall paintings using local knowledge and materials

Our conservation concept is built on the use of natural, local materials as much as possible, due to their compatibility with the original fabric and availability in the area. In situ tests are always carried out to observe the workability and efficiency of the materials and to determine the best performing systems before any extensive treatments are applied.

To address the most severe issue regarding these mural paintings — the detachment and delamination of the earthen support layers — traditional knowledge of local materials, their preparation and use, as well as collaboration between local craftsmen, architects, and wall painting conservators, has been invaluable in identifying the most compatible materials for invasive treatments like grouting.

The first contact with the local materials came through the experience of local craftsmen and THF's architects, which were still using them to restore vernacular buildings or to build new ones. The architects have improved the properties of these materials to make them more water or dust proof resistant by adding natural ingredients such as: donkey dung for roofs and apricot juice or cow dung for the floors (Fig. 2).

Figure 2. Traditional roof repairs and improvements, Guru Lhakhang, Leh, Ladakh.
© THF.

Field tests demonstrated that certain local materials — such as local clay (markalak), yellow soil, and sand — can be used effectively, without any additional additives, as injection grouts or mortars for stabilizing mural supports and renders. (Fig.3, 4).
Systems and right materials proportions for both grouting and surface repair have been developed that can be applied effectively and remain stable after 10 years. Critical requirements such as adhesion, shrinkage and flowing have all been refined through observing their behavior during testing and consequent application. It is critical to state that the tests themselves have been shaped by how the materials perform in real world applications in parallel with their performance in tests[5].

In this case, the knowledge of local materials has been of crucial importance. The modern materials or technologies used in the conservation treatments where limited to the prophylactic protection of the wall paintings during this delicate treatment (different types of paper facing, adhesive, injection systems or presses) or in the actual procedures.

5. Nicolaescu, A. 2016. Terra: Proceedings of the 12th International Conference, pp 138-143

Figure 3. Filling the support cracks with earthen mortar. Guru Lakhang, Phyang, Ladakh.
© Nicolaescu.

Figure 4. Yangchen injecting the earthen grout for support stabilization. Guru Lakhang, Phyang, Ladakh.
© Nicolaescu.

Treatments and the materials used can severely damage the original materiality of the paintings if not properly researched or skillful applied, following the modern conservation principles of compatibility, reversibility and respect of the original fabric.

For example, the reattachment of the paint layer exfoliations (fixation of the paint layer) implies the use of a fixative which, if not confirmed through research, can have future undesirable consequences, leading to grave changes of the initial properties and the condition of the paint layer. In our projects, following several tests results with different animal glues including the one found locally, it was decided not to use the local one due to its impurity. Gelatin was chosen instead as the fixative, for its good penetration, enough to address all the possible paint layer weaknesses, stability and not staining.

Local materials are not always the best solution; hence, the scientific knowledge is very important for heritage conservation, in order to understanding materials proprieties and chemical or physical processes while formulating the treatments. Furthermore, every case in conservation is different, there are no recipes which can work for everything even when treating similar murals from same areas. In one of our projects (Guru Lhakhang 14th century, Phyang, Ladakh) the treatment of the paint layer fixation, which has been successfully used previously in several similar paintings created tide marks, stains or paint layer disturbances during the adhesive injection, requiring adjustments to materials and methodology (Fig. 5, 6).

2.3.2. Preserving the image and its symbolistic – the visual discourse or final aesthetical presentation

Paintings, as above mentioned, represent a medium through which the highest ideals of Buddhism are evoked and brought alive. A sacred painting is for Buddhism a "physical support" – an embodiment - of enlightenment" [6] (Jackson 1984).
Cleaning of the paint layer (surface deposits or improper protection layers) and the final aesthetical presentation of the wall paintings are the main treatments which impact the perception of the image and its symbolic meanings.
Cleaning is a very delicate treatment to pursue on such paintings composed of sensitive paint layers and glazes and implies a thorough knowledge of the original technique and materials. The most complex cleaning treatment done was in Tsukhlakhang temple (Sikkim) where the original colorful paintings and their complete iconography was recovered by removal of the darken improper varnish.
The local community and the Buddhist monks were able to witness the recovery of their sacred paintings which are now participating in their daily rituals (Fig. 7).

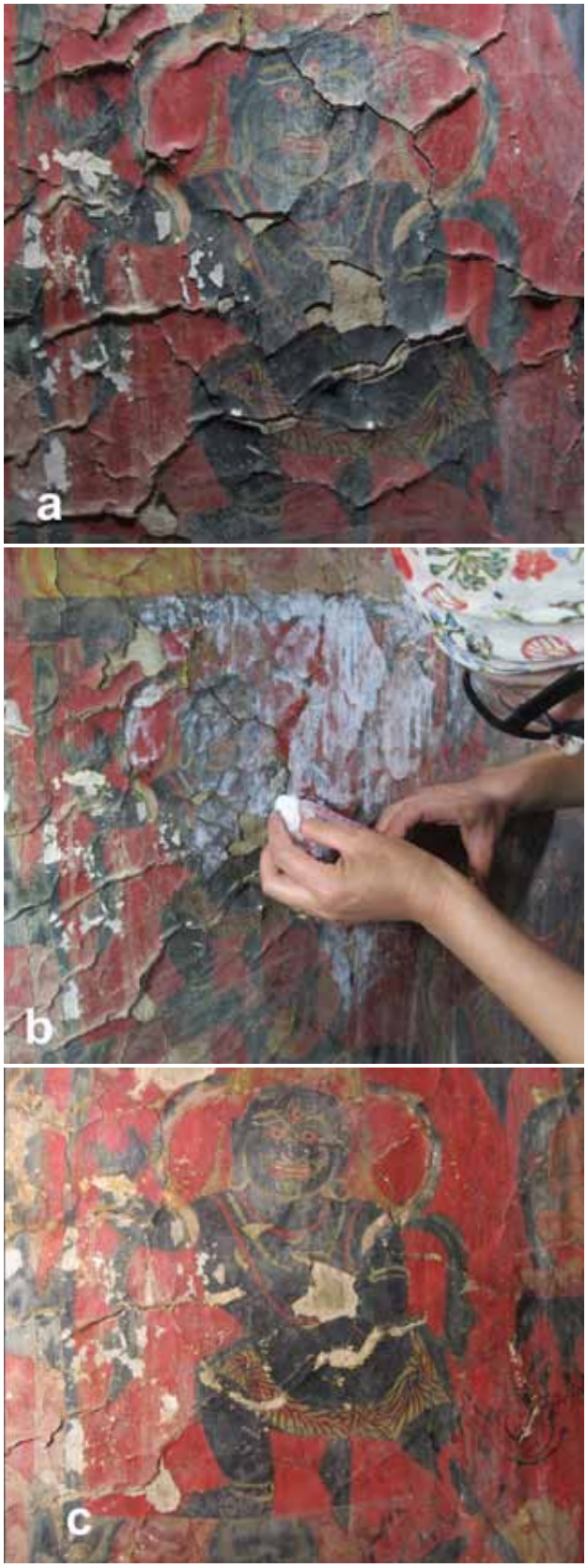


Figure 5. Paint layer fixation: before (a), during (b) and after treatment (c), Guru Lhakhang.
© Nicolaescu.

6. D. Jackson and J. Jackson 1984. Tibetan Thangka painting: Methods and Materials, pp.9

Figure 6. Pressing the areas after fixation of paint and preparation layer. Guru. Lhakhang.
© Nicolaescu.

Figure 7. Detail during cleaning of the improper old varnish. Tsukhlakhang, Sikkim.
© Nicolaescu.

Regarding the final aesthetical presentation, each project had a different approach depending on the level of damages, if the surviving information is adequate for a chromatic integration or not.

In our experience we had examples of both cases; where some retouching of the paint layer using specific techniques has been performed (Chamba Lhakhang), and where the wall paintings were considerably damaged and therefore the final aesthetic presentation did not include any chromatic integration (Lotsawa Lhakhang).

In Chamba Lhakhang, after recovering the 15th century murals from the overlayers the monks were willing to complete the main figures and repaint the big losses surrounding the original fragments.

Therefore, we decided to find a solution to balance the white lacunae of the paint layer that were disturbing the image, not only due to surface alteration but also due to the small white or light colors of the visible support. Tests were carried out in order to find the most appropriate and easily reversible materials to be used during the toning of the losses. The toning was achieved with transparent glazes applied in a pointillist technique using neutral colors. As a result, the white area of painting loss was optically pushed back leaving the original more readable. For the inpainting to be easily reversible we used mineral pigments with a cellulosic binder dissolved in isopropanol.

The reconstructive method used for the superficial support losses was the hatching technique (tratteggio), using watercolors this time because the retouching was done on a new earthen support, easily reversible if necessary.
The images of the deities recovered their religious integrity and even after 10 years the original murals have been preserved untouched with no repainting by the monks and the retouching stable (Fig. 8).

The mural paintings from Lotsawa Lhakhang were extensively damaged (Fig. 1) with more than 60%, paint layer losses, therefore a complete chromatic retouching would have appeared as a repainting with all its consequences.
After discussing the condition of the temple and its potential impact on future use with the local community and the monks in charge, we concluded that they would be willing to resume rituals, even if the images remain fragmentary. Hence, the proposal to preserve the temple as it is, just filling the support losses with an appropriate earthen mortar from a colour and texture point of view, was chosen.
The fillings were left a few millimetres under the original level of the support layer, thus creating a clear division between the original and the conservation interventions.
Even though the iconography suffered damages, the important figures were much more visible after conservation. The mechanical cleaning and fixing of the paint layer surface recovered the surviving images and filled the numerous gaps that were disturbing the perception of the paintings. This helped re-establish the unity of the space and thus a better reading of its depictions. The temple was, hence, preserved and its ritual function recovered (Fig 9).

3. CONSERVATION MANAGEMENT AND LONG-TERM CARE

3.1. COMMUNITY BASED CONSERVATION MODEL

The 'community-based conservation model', developed by THF in Lhasa and replicated in Leh, places great emphasis on working with the residents, communities and with the best local artisans. This not only ensures high-quality craftsmanship but also provides sustainable employment for the local workforce, contributing to the growth of the local economy.
The aim is to train local people through the train-and-work program, build up local capacities in the field of conservation and create a local market for this new professionalized workforce.

In order to support the locals, THF created a local branch LOTI (Leh Old Town Initiative) which is meant to be managed in future years only by locals following the principles and craft qualities revitalized during all the accomplished projects. An important part of this program is the vocational training. Since the beginning THF has trained a team of artisans selected from low-income communities, which are now a stable group (20-30 persons), collaborating to all the projects implemented in the area.

Regarding the wall painting conservation projects, THF is working with foreign conservator experts for the research, intervention strategy and coordination, together with a team of international students and local trainees.

During this time ten local students have been selected and trained but only few are continuing their vocation and are expected to be able to monitor and maintain Buddhist murals in the area. All the selected local students are earning a stable income throughout the wall painting conservation projects coordinated by THF, rising awareness of their local valuable heritage and providing new skills and incomes in the area.

During all the conservation campaigns beside the practical treatments learned and practiced, theoretical talks (general conservation principles and treatments with focus on the Buddhist original materials and technique) by the expert conservator are always part of the training.

The best students are supported to follow local or international courses in the field of heritage conservation in order to build up their knowledge.

Figure 8. Chamba Lhakhang, Leh – Before and after restauration.
© Nicolaescu.

Figure 9. Losawa Lhakhang after restauration.
© Hirako.

Figure 10. Yangchen explaining the cleaning process to the monks from Tsukhlakhang.
© Nicolaescu.

One of them (Yangchen Dolma), with the help of THF followed a training in Germany at Erfurt University for several months and an internship at the National Museum in Delhi.

3.2. MANAGEMENT AND LONG-TERM CARE

In general, all of the THF's conservation projects have two goals: the preservation of the local heritage enabling the revival of its function and as mentioned above, the vocational training of the locals. Young craftspeople can develop skills in monitoring and maintaining buildings or temples, often located in remote areas, enabling them to provide immediate emergency interventions or alerts that help safeguard valuable heritage.

A basic training in conservation principles and maintenance is always provided to the custodians as well. Schools and locals are invited and welcomed to visit our working site and talk about heritage and its conservation.

All these interactions and presentation of our conservation work aim equally, to raise the local awareness regarding their valuable heritage and its future maintenance. In Sikkim, for instance, before THF's involvement in building and wall painting conservation many of their ancient temples which were damaged by earthquakes have been reconstructed in concrete losing forever the traditional architecture with its specific details and original wall paintings. After two major projects THF had in the area – Tsukhlakhang royal temple in Gangtok and Lachen Mani Lhakhang temple in North Sikkim stabilized after 2011 earthquake, the general view and approaches among the local architects changed towards a more traditional way of preserving the built heritage.

The example of safeguarding local heritage that once seemed irreparably damaged has resonated with the local communities, who are now aware of potential conservation methods and regularly reach out to us or other experts for advice.

CONCLUSION

Collaboration between architects, materials analysts, archaeologists, craftsmen and wall painting conservators has been essential for designing interventions that addressed the stabilization of the earthen structures and mural paintings and for establishing strategies for the future maintenance of the heritage.

The relationship between conservators and custodians is shaped both by their differences and by their shared commitment to protecting and preserving living heritage. On one hand, conservators bring technical expertise, while custodians ensure that these approaches are appropriately applied to the living heritage. For conservators trained in Western countries, accustomed to working with pre-made materials, this collaboration offers a valuable opportunity to learn from local artisans about the raw materials available in the region. It also allows them to develop intervention materials and assess them in situ, all while gaining insight into unfamiliar painting techniques and materials used in the complex Buddhist mural paintings.

Conservation projects in the region have most often involved only foreign or Indian mainland experts. The involvement of local conservators, which emerged in recent years, along with the training of locals in routine maintenance, long-term monitoring, and emergency procedures, should always be part of the projects, assuring monitoring and follow-up on the long term. There is more than one approach to conservation and there are many positions to bring to the discussion, including that of the communities, their traditional knowledge and their spiritual engagement. The answers to all these discussions are constantly evolving, in tandem with societal changes.

BIBLIOGRAPHY

Jackson, D. And Jackson, J. (1984). *Tibetan Thangka painting: Methods and Materials*. Serindia, London rev. ed.

Nicolaescu, A. (2016). "Conservation of Buddhist wall paintings with traditional materials." In T*erra: Proceedings of the 12th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architectural Heritage*, Lyon, France.

Sharma, T. (2014). "Authenticity in heritage discourse: international developments and the Indian experience." In *ICCROM-CHA, Revisiting authenticity in the Asian context*, ed. G. Wijesuriya and J. Sweet, Sri Lanka, 8-12 December 2014.

Van Balen, K. (2008).. "NARA grid: An Evaluation Scheme Based on the NARA Document on authenticity." *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology, Vol. 39, No. 2/3*, Association for Preservation Technology International (APT)

Wijesuriya, G. (2008). *Values and criteria in heritage conservation*. Florence: ICS, pp-73-79.

Dupka, P. 2002. Presentation made at the course in "*Preservation and restauration of wooden structures*" held in Nara.

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Anca NICOLAESCU is a wall painting conservator Master2 Paris I Sorbonne, with 20 years experience in conservation of Buddhist wall paintings on earthen support from Himalayan region.

Pimpim DE AZEVEDO is a traditional architecture conservator, Master Research UCL London, co-founder of Tibet Heritage Fund, with almost 30 years experience in Himalayan heritage preservation.

Yutaka HIRAKO is an architect, co-founder of Tibet Heritage Fund and project manager, with almost 30 years experience in Himalayan heritage preservation.

CHANTIERS-ECOLES DE RÉHABILITATION DE MAISONS PAR L'ASSOCIATION IMANE-ATARIKH A AGADEZ, POUR SAUVEGARDER LES PRATIQUES TRADITIONNELLES DE CONSTRUCTION EN TERRE

Mohamed AG ALASSANE, Président Association Imane Atarikh (imaneatarikh@gmail.com)
Abdoulaye CISSE, Architecte DSA, CRAterre-ENSAG (archicisse@gmail.com)
Sébastien MORISET, Architecte-chercheur, CRAterre-ENSAG (s.moriset@craterre.org)

RÉSUMÉ

La vieille ville d'Agadez, joyau du patrimoine mondial situé au nord du Niger, se distingue comme l'une des rares cités encore entièrement construites en terre dans le monde. Cette prouesse architecturale est le fruit de l'ingéniosité des maçons qui, au fil des siècles, ont perfectionné leur savoir-faire dans le travail de la terre et du bois de palmier. Le célèbre minaret de 27 mètres de haut, attribué au saint bâtisseur Shaikh Zakariyya au 16e siècle, témoigne de cette remarquable tradition.

La vieille ville est cependant menacée malgré sa richesse historique. Les constructions anciennes, témoins de cette ingéniosité, montrent des signes de détérioration préoccupants, reflétant les défis naturels et culturels auxquels la ville est confrontée, notamment le changement climatique, la croissance démographique, les transformations socioculturelles et les problèmes d'insalubrité.

Depuis son inscription sur la Liste du patrimoine mondial en 2013, des initiatives ont été lancées par les autorités, les habitants et les ONG pour préserver le cœur historique d'Agadez. Des progrès ont été réalisés, freinant la détérioration ; toutefois, la conservation de ce patrimoine reste une priorité.

Dans ce contexte, l'association Imane-Atarikh s'engage activement dans la transmission des savoirs nécessaires à la préservation de cette architecture unique. À travers des chantiers-écoles impliquant de jeunes artisans, elle œuvre pour pérenniser les techniques traditionnelles de construction. En 2020, avec le soutien financier de l'Alliance internationale pour la protection du patrimoine dans les zones en conflit (ALIPH), elle a entrepris la réhabilitation de 20 bâtiments historiques. Bénéficiant de l'accompagnement technique du Centre international de la construction en terre (CRAterre), ce projet a été couronné de succès, renforçant la confiance des autorités locales et des communautés locales.

Forte de cette reconnaissance, l'association a poursuivi ses efforts en s'engageant à réhabiliter 30 autres maisons entre 2023 et 2024, mobilisant 120 maçons. Cet article met en lumière un aspect crucial de ces projets de réhabilitation : la transmission et l'enregistrement des savoirs traditionnels sur lesquels l'avenir de ce patrimoine repose. En effet, le cœur historique d'Agadez ne devra sa survie qu'aux connaissances que recevront les jeunes artisans.

INTRODUCTION

La ville historique d'Agadez se situe aux portes du désert du Sahara, à l'extrémité méridionale du massif de l'Aïr. Elle est constituée de 11 quartiers aux contours irréguliers, témoins d'anciens campements des tribus touarègues au moment où elles ont commencé à se sédentariser. Ces quartiers, qui constituent toujours la structure administrative de la ville historique, reflètent son héritage culturel et historique.

Une grande artère nord-sud, tracée à l'époque coloniale, divise la ville en deux parties distinctes. Les quartiers principaux sont les suivants : Katanga (quartier des remparts et du palais du sultan) ; Amarewat (quartier des potiers) ; Amdit (quartier des Touaregs Igdalen) ; Imourdan-Magass, Imourdan-Nafala et Akanfaya (quartier des Touaregs Kel Away) ; Oungoual-Bayi (quartier des serviteurs) ; Agar-garin-saka (place des caravanes) ; Founé-Imé ; Obitara (marché extérieur et artisans) ; Hougoubéré (ancien centre commercial du grand marché Tamallakoye).

Cette organisation urbaine reflète la riche diversité culturelle et économique d'Agadez, tout en conservant les vestiges de son passé nomade et commerçant.

Les premières constructions en terre d'Agadez remontent aux 15e et 16e siècles, et se poursuivent jusqu'au début du 20e siècle, notamment avec l'édification des maisons des riches commerçants. La vieille ville abrite un grand nombre de ces maisons traditionnelles, qui s'articulent autour de cours intérieures où la vie privée est préservée.

Typiquement, ces maisons s'organisent sur un ou deux niveaux, atteignant une hauteur comprise entre 3 et 6 mètres, avec des toitures plates servant de terrasse. Les ouvertures en façades sont rares pour se prémunir des surchauffes du soleil et maintenir la fraîcheur intérieure même en milieu de journée, grâce à la régulation thermique que permettent les épais murs de terre crue.

Les espaces fonctionnels donnent sur la cour centrale, séparée de la rue par deux vestibules d'entrée. L'escalier d'accès à la toiture prend son départ depuis l'un des vestibules. L'éclairage des espaces intérieurs est principalement assuré depuis la cour intérieure. La structure du bâtiment est constituée d'adobes, c'est-à-dire de briques rectangulaires de terre crue, maçonnées avec un mortier de terre. Les murs, épais à la base, sont revêtus intérieurement et extérieurement de couches de terre, appliquées selon différentes techniques et utilisant divers adjuvants en fonction de leur exposition aux pluies.
Les sols sont en terre battue ainsi que la toiture, qui repose sur une charpente en poutres de rônier, recouvertes de lattes et de nattes végétales. Des arcs en terre armée sont souvent utilisés dans les grandes pièces pour réduire la portée de charge des poutres soutenant la terre de couverture. Les menuiseries intérieures sont en bois massif, tandis que la porte d'entrée est constituée de bois armé d'un panneau de tôle ondulée.
La partie à étages comprend généralement une chambre, un séjour et une terrasse non couverte donnant sur la cour intérieure.

Les portes principales sont souvent flanquées de banquettes et surmontées de pinacles en terre protégeant l'entrée, appelées dakali. Les bancs servent à la fois une fonction sociale de rassemblement et une fonction technique de masse d'usure, ralentissant l'érosion de la base des murs. Les terrasses sont généralement surmontées de parapets ornés de motifs ajourés ou de créneaux d'ornementation, ajoutant à l'esthétique distinctive des maisons traditionnelles d'Agadez. Ces décorations, associées aux encadrements des portes d'entrée, aux contreforts de façade, aux arcs et aux niches intérieures évoluent au fil du temps. Façonnées à la main, elles sont la signature du savoir-faire et de l'expression créative des maçons qui contribuent depuis des siècles à définir le style unique de ces habitations. La demeure de Sidi Kâ, également connue sous le nom de « maison du boulanger », est la plus célèbre de ces bâtisses décorées, car elle illustre parfaitement l'art de la décoration des architectures en terre de la ville.

L'état de conservation de la vieille ville d'Agadez est inquiétant, car l'architecture de terre est confrontée à des défis majeurs tels que le changement climatique qui engendre des pluviométries inhabituellement violentes, la croissance démographique et l'insalubrité. Depuis son inscription sur la liste du patrimoine mondial en 2013, diverses actions ont été entreprises pour atténuer ces pressions et préserver ce précieux patrimoine, grâce aux efforts concertés des autorités, des habitants et des ONG.

Parmi les initiatives notables, nous pouvons citer :
- La construction de 70 latrines publiques par le PNUD dans la vieille ville, visant à aider la municipalité à gérer l'évacuation des eaux usées dans les rues. Cependant, ces latrines sont actuellement inutilisables en raison d'un manque d'entretien.
- La réhabilitation de 3 maisons emblématiques dans la vieille ville par l'ONG Terre Aride.
- La rénovation de 105 maisons et le traitement des déchets solides et liquides par le CISP, financés par l'Union Européenne entre 2018 et 2020.
- La construction en cours de 500 maisons équipées en périphérie de la ville, dans le but de soulager la surpopulation des anciennes habitations en attribuant ces logements aux résidents actuels.
- La réhabilitation par l'association Imane Atarikh de 19 maisons et la réalisation de travaux d'entretien sur la grande mosquée.

Malgré tous ces efforts, la vieille ville continue de se dégrader à cause de l'humidité élevée qu'apportent les pluies surabondantes et la mauvaise gestion des eaux usées qui accélèrent l'érosion des bases de murs. Ces facteurs sont aggravés par le développement urbain intensif qui a engendré une pression démographique considérable, stimulée par le commerce, le trafic et l'implantation de sites d'orpaillage à proximité.

Il convient également de souligner le statut d'Agadez en tant que carrefour entre le Sud et les pays du Maghreb, un point de passage majeur pour les commerçants et les migrants en route vers l'Europe. Par conséquent, près de la moitié des habitants sont des étrangers ou des résidents temporaires pour qui l'entretien des maisons n'est pas un souci, pas plus que le respect

de la culture constructive locale. De nombreuses maisons traditionnelles sont donc progressivement abandonnées au profit de nouvelles constructions en parpaings, principalement acquises par les plus fortunés qui privilégient la proximité du centre des affaires.

Cette évolution économique a appauvri les habitants autochtones, dont les activités traditionnelles telles que l'agriculture et l'artisanat ne sont plus rentables. De plus, la gestion des déchets solides et liquides devient de plus en plus complexe pour la ville, avec les eaux usées constituant un facteur de détérioration supplémentaire des constructions en terre. L'absence quasi totale de caniveaux et de systèmes d'égouts maintient les sols humides même en saison sèche. À la moindre pluie, ces sols se saturent et l'eau stagne en surface, menaçant la stabilité des murs et aggravant les problèmes d'insalubrité.

Face à ces défis, la mairie d'Agadez se trouve dans une situation précaire, disposant de ressources limitées pour faire face aux importants travaux de voirie. Toutefois, des efforts conjoints avec des ONG et des partenaires tels que la Banque mondiale sont en cours pour élaborer des solutions durables, notamment un projet de construction d'un système de drainage des eaux usées et de gestion des déchets pour la ville.

Figure 1. Architecture de la ville d'Agadez.
© Abdoulaye Cissé

Figure 2. Membres de l'association Imane Atarikh (gauche) et acteurs du projet (droite).
© Abdoulaye Cissé

1. BRÈVE DESCRIPTION DES ACTIONS DE L'ASSOCIATION

L'association Imane Atarikh est désormais reconnue par les autorités de la ville comme l'un des principaux acteurs non-étatiques engagés dans la préservation du patrimoine culturel, tant matériel qu'immatériel, ainsi que dans la promotion de la culture, notamment à travers son soutien indéfectible à l'organisation du festival « Bianou ». Grâce à sa collaboration fructueuse avec la fondation internationale ALIPH, l'association a renforcé ses capacités et étendu ses actions en faveur de la conservation et de la valorisation du patrimoine culturel dans la vieille ville d'Agadez.

Au cours des années 2020 à 2024, la réalisation de deux projets de réhabilitation et de préservation des valeurs architecturales et artisanales a permis d'accomplir les actions suivantes :

- La réhabilitation de 19 maisons en terre ainsi que celle de la grande mosquée, à travers un processus de chantier-école dans sa phase pilote.
- La réhabilitation de 30 maisons dans la ville historique d'Agadez, accompagnée de la documentation de 10 maisons emblématiques.
- La formation de 120 jeunes à la maçonnerie traditionnelle, une compétence cruciale adaptée aux défis du changement climatique.
- La formation de 80 jeunes filles aux métiers de l'artisanat et à la restauration des objets historiques traditionnels, utilisés comme éléments décoratifs lors du festival culturel d'Agadez, le « Bianou ».
- La collecte d'histoires orales relatives à chaque maison, afin de préserver ces précieuses informations.
- La restauration et l'entretien des fosses septiques de 30 maisons anciennes de la ville historique, menaçant les structures et les fondations, dans le but de dégager les canaux d'évacuation et de prévenir les inondations.
- La mise en place d'actions de communication et de sensibilisation autour du projet de restauration.

1.1. RÉHABILITATION DE 20 MAISONS EN TERRE EN 2020

Le premier projet remontant à 2020 visait à réhabiliter une vingtaine de constructions en terre situées dans le cœur historique de la ville, dont la grande mosquée. Son objectif était double : identifier les acteurs de la construction en terre et les rassembler autour d'un projet de préservation et de valorisation des pratiques anciennes, tout en mettant l'accent sur la transmission de ces savoirs aux générations futures.

Les travaux de réhabilitation des anciennes maisons en terre ont principalement porté sur la restauration des éléments sur rue, notamment des deux vestibules, des pièces de vie et des murs de clôture. Les interventions comprenaient la réparation des lacunes dans le gros-œuvre, le renforcement de la base des murs, la réfection des toitures, la reprise complète des enduits intérieurs et extérieurs ainsi que la décoration des façades. Pour les maisons à deux niveaux, les travaux ont également porté sur la rénovation de l'escalier et les acrotères de toiture, très exposés aux intempéries. Les travaux ont été adaptés à la complexité et à l'état de dégradation de chaque maison, et se sont focalisés sur des priorités. Aucune maison n'a bénéficié d'une réhabilitation totale, laissant le soin aux familles de finaliser les travaux.

1.2. RÉHABILITATION DE 30 MAISONS EN TERRE EN 2023-24

Les actions entreprises dans la seconde phase (2024-2025) du projet de réhabilitation du patrimoine dans la vieille ville

Figure 3. Maisons réhabilitées par Imane Atarikh en 2020.
© Abdoulaye Cissé

d'Agadez se voulaient beaucoup plus ambitieuses et mieux structurées que la phase précédente. Elles avaient pour objectif de restaurer 30 maisons de la ville historique d'Agadez et de documenter 10 maisons emblématiques, mais aussi de former 120 jeunes à la pratique de la maçonnerie traditionnelle, mieux adaptée au changement climatique que les techniques conventionnelles.

Les premières activités de cette phase ont débuté en novembre 2023 avec la réhabilitation de 10 maisons en un mois. Ces actions ont été marquées par une nette amélioration de la qualité de l'intervention. Nous avons observé une planification minutieuse des activités et une répartition stratégique des travaux par quartier, ainsi qu'une sélection avisée des sites pour la préparation du banco et des adobes, avec une logistique efficace pour leur transport vers les chantiers respectifs. De plus, l'équipe chargée de la coordination et de la supervision technique s'est perfectionnée.

Une mission d'assistance technique de CRAterre a permis non seulement de vérifier l'état des 10 premières maisons réhabilitées, mais aussi de contribuer au renforcement des capacités de l'équipe technique chargée de la supervision des travaux sur les notions de diagnostic des pathologies, de relevé de l'état des lieux, de photographie et de bonnes pratiques de réhabilitation.

Les travaux ont une fois de plus été spécifiques à chaque maison, en fonction de leur complexité et de leur état de dégradation. Ils ont débuté par la correction des défauts structurels tels que les fissures ou l'affaiblissement des parties fortement érodées. Ensuite, les bases des murs ont été renforcées et les murs acrotères reconstruits. En cas d'effondrement de la toiture, celle-ci a été reconstruite en remplaçant les poutres, les nattes végétales, les poutrelles et la terre de couverture assurant l'étanchéité finale.

Après ces interventions minimales, visant à corriger les pathologies les plus graves, une première couche d'enduit extérieur a été appliquée sur l'ensemble des murs. Deux jours plus tard, une seconde couche d'enduit a été apposée pour servir de protection finale en surface. Chacune de ces deux couches d'enduit

a été appliquée à la main, mais la seconde couche présentait un relief plus marqué pour freiner la surchauffe par le soleil et ralentir l'érosion par le ruissellement des gouttes de pluie. Ce relief a été obtenu par les maçons en imprimant l'empreinte des doigts sur la terre fraîchement appliquée sur le mur.

Les portes et fenêtres endommagées ont été réhabilitées par des menuisiers et solidement réancrées à la maçonnerie. À la fin des travaux, les chantiers ont été nettoyés de tous les débris et les équipements ont été réaffectés à d'autres projets. La durée des travaux pour chaque maison a varié de 15 à 30 jours, selon le degré de dégradation constaté lors de l'évaluation initiale.
Un effort particulier a été porté à la documentation de chacune des réhabilitations, la qualité des documents produits ayant été jugés insuffisants lors de la phase de travaux de 2020. Pour cela, des fiches de réhabilitation en 6 feuillets ont été préparées pour que les données essentielles des interventions soient bien gardées. Ces fiches constituent la base d'un carnet de santé des maisons et permettent de tracer les traitements qu'elles ont reçus. Avec le temps, ces fiches permettront aux gestionnaires de la vieille ville d'évaluer l'efficacité des stratégies, des techniques et des matériaux employés.

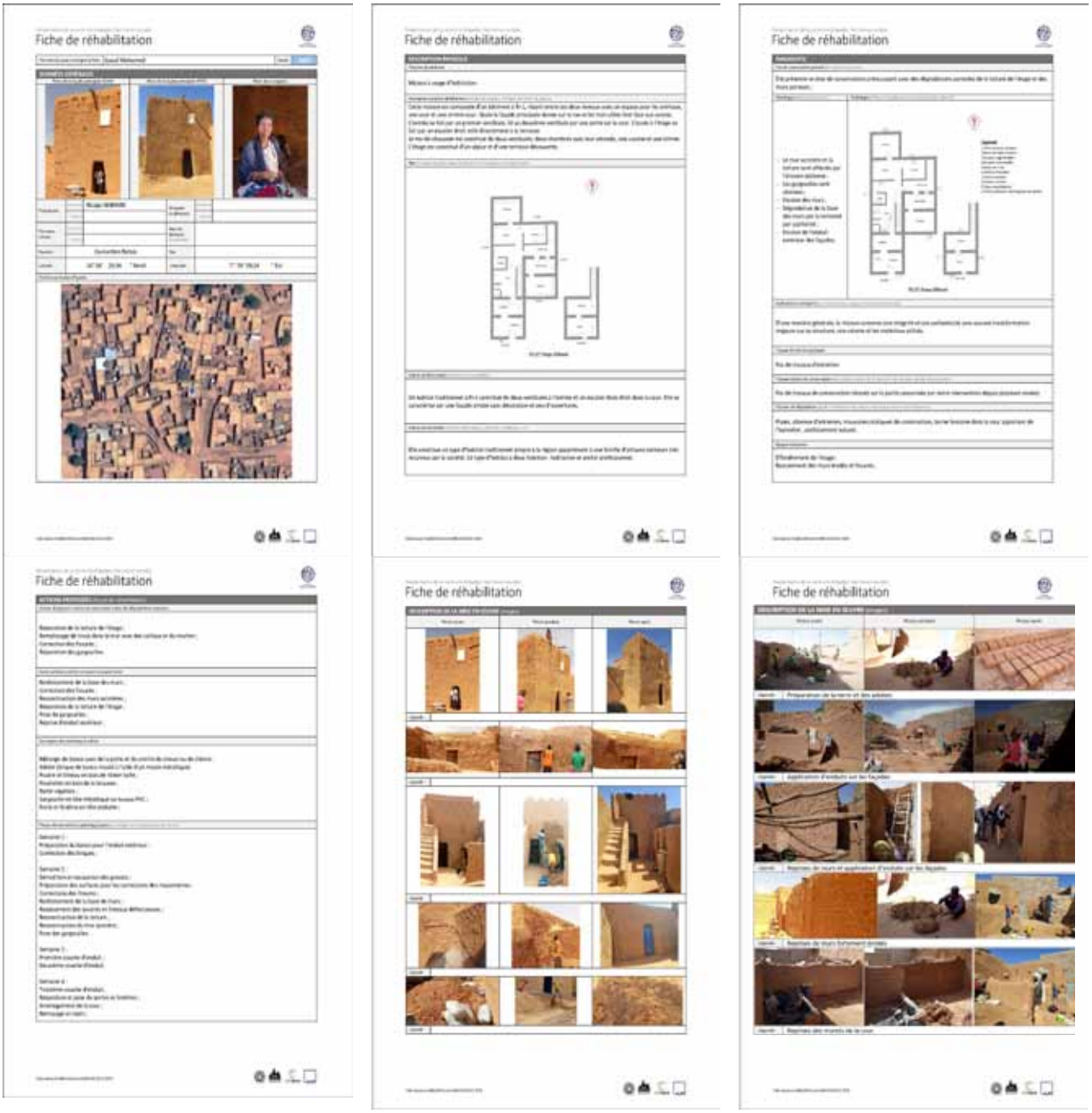


Figure 4. Fiche de renseignement remplie pour chacune des maisons réhabilitées par Imane Atarikh.
© Abdoulaye Cissé/ Mohamed AG Alassane.

2. CHANTIER-ÉCOLE

L'un des principaux objectifs de ce projet était d'offrir une formation à 120 jeunes dans les techniques de maçonnerie traditionnelle, en privilégiant une méthode d'apprentissage locale axée sur la pratique directe sur les chantiers. Pour ce faire, nous avons adopté une approche participative en sélectionnant des volontaires au sein des familles souhaitant rénover leur logement. Une attention particulière a été accordée aux habitants des maisons choisies pour la réhabilitation, les intégrant ainsi pleinement dans le processus pour leur permettre de bénéficier directement des retombées du projet. Cette démarche les a incités à poursuivre les efforts d'entretien et de réhabilitation au-delà de la phase de mise en œuvre initiale. Les jeunes volontaires ont été recrutés en tant que manœuvres et ont reçu une formation dispensée par les maîtres maçons sur le chantier de leur propre maison. Ils ont débuté par la préparation du banco, mélange de terre, de paille et de crottin de cheval, utilisé pour la fabrication des adobes et du mortier. Après avoir acquis un certain niveau d'expérience, ils ont intégré le rôle d'aides-maçons, les autorisant à assister. Les maçons dans leurs tâches. Cette position d'intermédiaires entre le maçon et les manœuvres leur a offert la possibilité d'évoluer très vite techniquement et de comprendre la dynamique des chantiers. Certains jeunes formés lors de la phase pilote du projet ont développé une véritable expertise et continuent de travailler aux côtés des maçons. À terme, ils deviendront eux-mêmes maçons.

Nos actions se sont donc inscrites dans la longue tradition de réhabilitation de l'architecture d'Agadez, avec l'assistance technique du chef des maçons, Sarki Ghini, qui a supervisé la qualité des travaux de réhabilitation des trente maisons. Engagé dans le projet, son rôle a consisté à superviser les chefs maçons, eux-mêmes responsables des travaux de réhabilitation et à veiller au respect des pratiques traditionnelles, tant dans les procédés de mise en œuvre que dans la préparation des matériaux. La cellule de conservation et de gestion du centre historique d'Agadez (CECOGAZ) a également été impliquée, étant chargée de garantir l'authenticité et l'intégrité du patrimoine au nom de l'État.

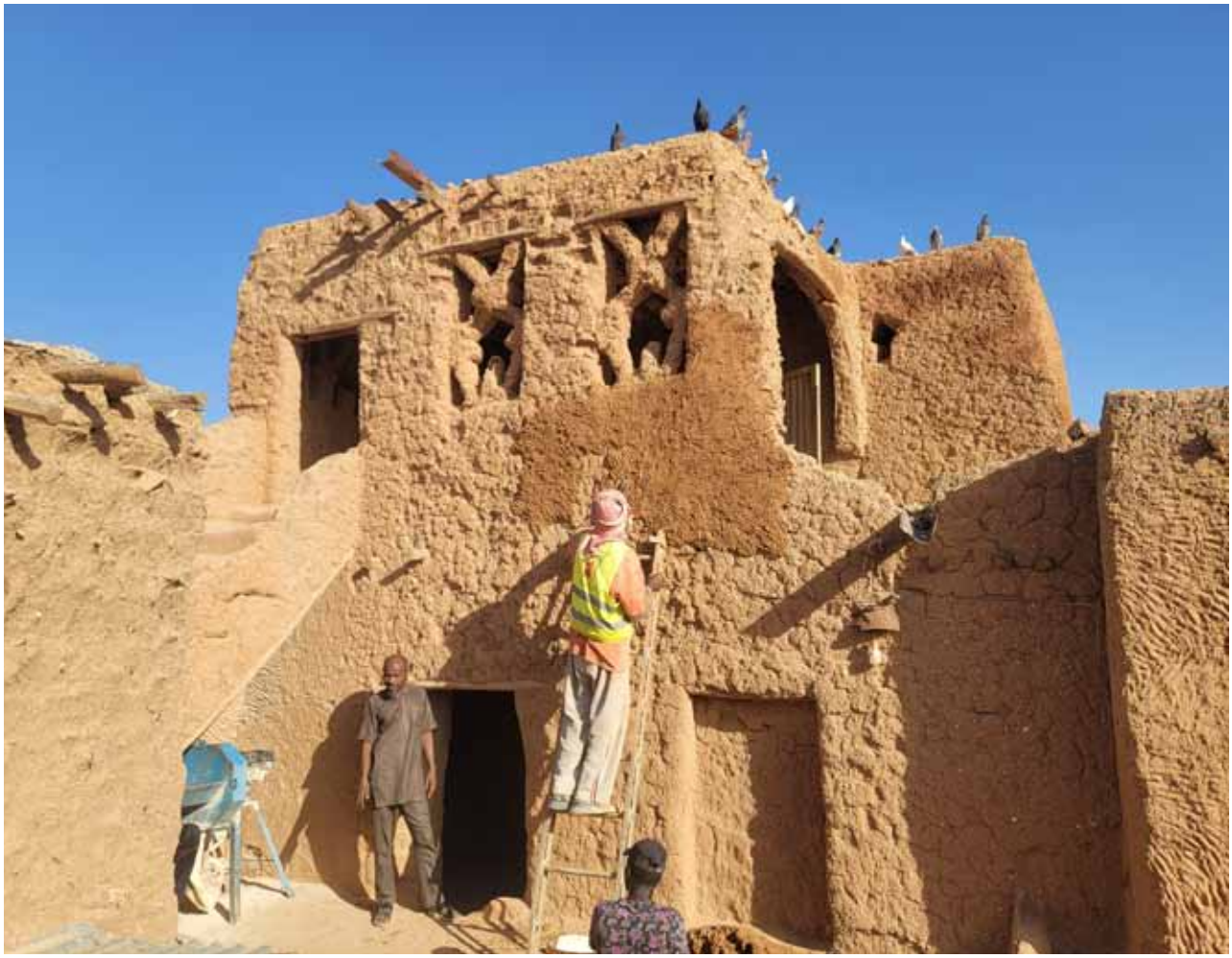


Figure 5. Chantier-école assurant la perpétuation des savoir-faire locaux, notamment au sein des familles habitant ces maisons.
© Abdoulaye Cissé.

3. FORCES ET FAIBLESSES DE L'INTERVENTION

Au cours de cette deuxième campagne de réhabilitation, nous avons pu apprécier les avancées réelles d'Imane Atarikh. Nous estimons que l'association a apporté une contribution significative à la protection et à la conservation du riche patrimoine culturel d'Agadez, en mettant en valeur son architecture de terre unique. Elle a également joué un rôle essentiel dans la préservation des techniques ancestrales de transmission des cultures constructives sur le chantier, pour éviter que ces pratiques précieuses ne tombent pas dans l'oubli. De plus, grâce à notre bonne connaissance des réalités socioéconomiques et culturelles de la région, l'association a su établir des relations solides avec les autorités locales et les communautés, favorisant ainsi une collaboration fructueuse avec les acteurs de la protection du patrimoine sans tenter de prendre leur place. Les expériences acquises sur la préparation du banco et sa mise en œuvre, ainsi que les informations disponibles sur le coût des matériaux et de la main-d'œuvre, ont renforcé la crédibilité de l'association. La disponibilité des matériaux et de la main-d'œuvre, soutenue par les artisans locaux, a facilité la mise en œuvre des actions, tandis que le soutien continu du bailleur de fonds a renforcé les capacités de l'association, lui permettant de réaliser des progrès significatifs dans ses missions.

Cependant, malgré ces réalisations, l'association fait face à plusieurs défis. Sa capacité à prendre en charge toutes les maisons en terre nécessitant une intervention dans la vieille ville d'Agadez reste limitée, tout comme sa capacité à mener à bien des projets de réhabilitation complète des maisons sélectionnées. De plus, elle est confrontée à une pénurie croissante d'ouvriers qualifiés pour les travaux de construction en terre, ce qui entrave ses efforts. Le manque d'intérêt des jeunes pour apprendre les métiers de l'architecture de terre constitue également un obstacle majeur, menaçant la transmission des savoirs traditionnels. Par ailleurs, la rareté de certains matériaux due à l'urbanisation et l'impact du changement climatique sur la conservation de l'architecture de terre sont des préoccupations importantes auxquelles l'association doit faire face pour assurer la pérennité de ses actions.

4. RESSENTI DES ARTISANS

Les artisans engagés dans les activités de ce projet jouent un rôle déterminant dans la facilitation des échanges, et des interventions tout en partageant leur savoir-faire sur les chantiers de conservation du patrimoine culturel de la vieille ville d'Agadez. Les artisans constituent l'un des acteurs de la conservation des valeurs culturelles matérielles et immatérielles de cette région. Leur participation active a permis la création d'emplois, offrant ainsi une occupation précieuse dans une ville qui a connu des périodes d'insécurité et de baisse de fréquentation touristique. Le transfert de compétences, à travers l'implication de 120 jeunes, a apporté une contribution significative à l'amélioration de la filière de maçonnerie traditionnelle en terre, soulignant l'efficacité du mécanisme de renforcement des capacités.

5. RESSENTI DES COMMUNAUTÉS

Les communautés locales ont été les principales bénéficiaires de ce projet, leur implication facilitant l'ancrage du projet et la réalisation des travaux par les jeunes des quartiers concernés. Une sensibilisation efficace et une communication transparente sur les travaux de réhabilitation ont été menées auprès des communautés, qui jouent un rôle central dans la valorisation du patrimoine local. Les retours positifs des bénéficiaires à la fin des travaux de réhabilitation ont été un témoignage de leur soutien à l'association et de leur désir de voir le projet se poursuivre sur d'autres maisons. En renforçant la capacité de résilience des communautés à poursuivre les actions de conservation, le projet a laissé un impact durable dans la vieille ville d'Agadez.

6. CONCLUSION

La détérioration progressive des structures anciennes témoigne des défis multiples auxquels Agadez est confrontée, notamment le changement climatique, la croissance démographique et les transformations socioéconomiques. La pénurie de main-d'œuvre qualifiée et l'accès difficile à des matériaux traditionnels de qualités sont des obstacles à surmonter, auxquels s'ajoute le déclin de l'intérêt des jeunes pour les métiers traditionnels, ce qui menace la transmission des savoirs ancestraux et met en péril la pérennité de ce patrimoine exceptionnel.

Face à ces menaces, des initiatives de préservation ont émergé, portées par des acteurs locaux, des autorités et des organisations internationales. Parmi elles, l'association Imane Atarikh se distingue par son engagement inlassable dans la transmission des savoirs traditionnels et la préservation du patrimoine culturel.

À travers les chantiers-écoles de réhabilitation, l'association a accompli des progrès significatifs. La rénovation de maisons historiques et la formation d'artisans ont mis en lumière l'importance du renforcement des compétences en maçonnerie traditionnelle. De nombreux jeunes apprenants ont effectué des travaux chez eux après l'intervention, car ils ont pu acquérir les techniques et la motivation qui leur manquait initialement. Ce regain de fierté pour leur habitat et la maîtrise acquise auprès de maîtres-maçons ont réveillé cette créativité qui depuis des siècles anime les maçons d'Agadez et les pousse à réaliser des exploits. Le ressenti des artisans et des communautés à l'issue du projet est palpable : ces initiatives ont apporté un souffle d'espoir et de revitalisation. L'engagement actif des artisans, la création d'emplois et le renforcement des

capacités ont dynamisé les quartiers et renforcé le lien social. Les communautés, quant à elles, ont exprimé leur soutien et leur désir de voir ces projets perdurer, témoignant ainsi de l'impact positif et durable de ces actions.

Malgré les défis induits par l'urbanisation croissante, il est essentiel de poursuivre les efforts de conservation et de valorisation du patrimoine architectural en terre pour préserver l'identité culturelle unique de la vieille ville d'Agadez. L'association Imane Atarikh et ses partenaires sont au cœur de cette mission, guidés par la conviction que l'avenir de ce joyau architectural repose sur la préservation et la transmission des savoirs traditionnels. Ce patrimoine devra également sa survie à la revalorisation du matériau terre comme ressource fondamentale en architecture. Plus le centre historique se délabrera, plus le matériau sera injustement désigné comme responsable du mal-logement. Une réhabilitation de cette ressource inestimable est nécessaire, par des actions de réhabilitation comme celles que nous menons, mais aussi par la construction de bâtiments contemporains en terre qui prouvent que ce matériau séculaire est un matériau d'avenir. Pour cela, la documentation des savoirs ancestraux et la sensibilisation des communautés sont les fondations d'un renouveau de ce précieux patrimoine.

BIBLIOGRAPHIE

Cissé, A., Moriset, S. (2024). A*ccompagnement du projet de réhabilitation de 30 maisons piloté par l'association Imane-Atarikh à AGADEZ et financé par ALIPH*. Villefontaine : CRAterre.

Cissé, A., Moriset, S. (2022). *Mission d'évaluation du projet déposé auprès d'ALIPH par l'association Imane-Atarikh à Agadez, Niger.* Rapport de mission. Villefonaine : CRAterre.

Danladi, A., Joffroy, T. (2012). *Agadez plan de gestion du centre historique, 2012-2018*. Niamey : République du Niger, Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Culture. Disponible sur : < https://whc.unesco.org/fr/list/1268/documents/ >

Danladi, A., Joffroy, T., (2012). *Agadez proposition d'inscription du centre historique sur la Liste du patrimoine mondial.* Niamey : Ministère de la Jeunesse, des Sports et de la Culture République du Niger. Disponible sur : < https://whc.unesco.org/fr/list/1268/documents/ >

République du Niger, Direction du Patrimoine Culturel (2015). *Rapport de mise en œuvre des recommandations formulées suite à l'inscription du centre historique d'Agadez sur la liste du patrimoine mondial de l'humanité le 22 juin 2013* [en ligne]. Niamey : République du Niger, Minsitère de la Culture, des Arts et des Loisirs. 6 p. Disponible sur : < https://whc.unesco.org/fr/soc/3394 >

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Mohamed AG ALASSANE, archéologue, est médiateur culturel et Président de l'association Imane Atarikh à Agadez. Il œuvre depuis 2018 à la conservation du cœur historique de la ville d'Agadez, inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. Avec son association, il mène des campagnes de conservation pour améliorer les conditions d'habitat et perpétuer les savoir-faire indispensables à la survie de ce patrimoine.

Abdoulaye CISSE, architecte, diplômé du DSA terre de l'École d'architecture de Grenoble, œuvre depuis 2014 à la conservation du patrimoine au Sahel. Spécialisé dans la conservation des architectures de terre, il a notamment travaillé sur les prestigieux sites du patrimoine mondial de Tombouctou, Djenné, Gao et Agadez. Il apporte également son assistance à la préparation de propositions d'inscription sur la Liste du patrimoine mondial et évalue des proposions d'inscription pour l'ICOMOS.

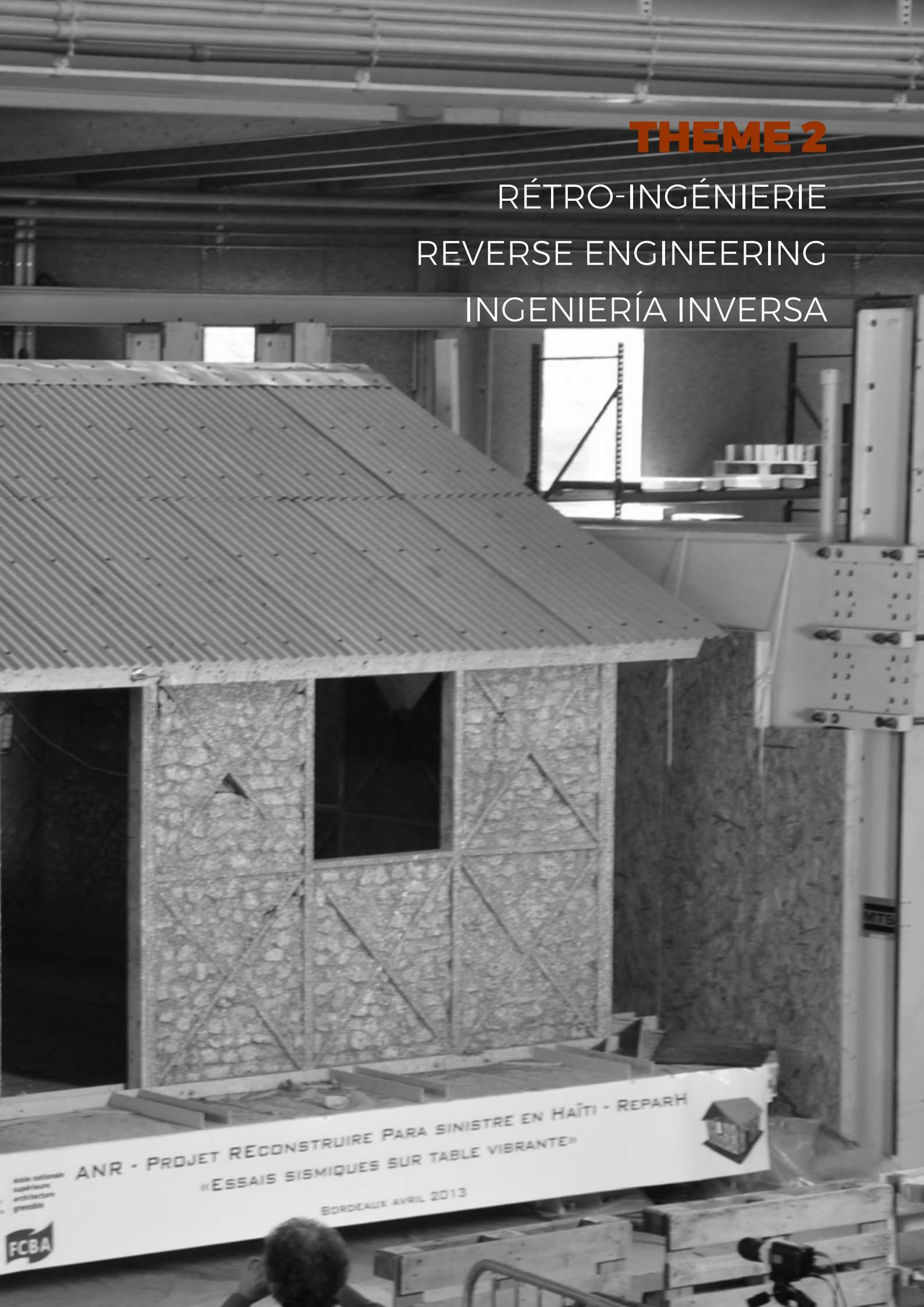
Sébastien MORISET, architecte, est impliqué depuis 1993 dans des activités d'enseignement et de recherche appliquée sur les enjeux de la conservation du patrimoine pour CRAterre à l'École d'architecture de Grenoble. Il a contribué à 75 projets dans 45 pays en Afrique, Asie et sur la péninsule arabique. Il a préparé plusieurs dossiers de nomination au patrimoine mondial, élaboré des plans de gestion, mis en œuvre des programmes de conservation et rédigé plusieurs publications. Il enseigne également depuis 26 ans dans le cadre du diplôme de spécialisation et d'approfondissement (DSA) en Terre à Grenoble, ainsi que dans de nombreuses autres universités et écoles techniques à travers le monde.

ANR - PROJET RECONSTRUIRE PARA SINISTRE EN HAÏTI - REPARH
«ESSAIS SISMIQUES SUR TABLE VIBRANTE»
BORDEAUX AVRIL 2013
ANR
GADRU

Essais sur table vibrante de la Ti-Kaï pour Haïti, FCBA, Bordeaux, France, 2013 © C. Belinga Nko'o

THEME 2

RÉTRO-INGÉNIERIE
REVERSE ENGINEERING
INGENIERÍA INVERSA



THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND REGIONAL DISTRIBUTION OF TRADITIONAL EARTHEN DWELLINGS AS INFLUENCED BY THE NATURAL ENVIRONMENT IN CHINA

Xuechun MA, Beijing University of Civil Engineering and Architecture (mamaomao2022@163.com)
Jun MU, Beijing University of Civil Engineering and Architecture (mujun@bucea.edu.cn)

SUMMARY

China's traditional earthen dwellings are diverse and widely distributed across the country. The natural environment profoundly influences their forms and regional distribution, resulting in unique architectural characteristics adapted to local conditions. As the modernization of the construction industry often neglects local climate conditions and traditional construction techniques, putting the distinctive advantages and cultural significance of traditional earthen dwellings at risk of being lost, this study aims to uncover the diversity and richness of this heritage and explore the guiding significance of the ecological wisdom they embody in contemporary architectural practices. The research systematically analyses representative earthen dwellings from six major regions in China using the qualitative case study approach, comprehensively summarizing their morphological characteristics, regional distribution patterns, and remarkable adaptability to the natural environment. The findings demonstrate that traditional earthen dwellings effectively respond to local climates and resource availability, reflecting a high degree of harmony with the natural environment, with their inherent sustainability and ecological intelligence underscoring the advantages of traditional construction techniques in energy efficiency and resource optimization, offering critical insights for the green and sustainable development of modern architecture, and establishing a scientific basis for preserving and restoring this heritage while raising public and professional awareness of their cultural and ecological value.

INTRODUCTION

Architecture serves as a mirror reflecting the natural environment of its location, with the specificity of the regional climate giving rise to more pronounced architectural characteristics. In ancient times, people used local materials. In the absence of mechanical means of environmental control, they actively explored the wisdom of passive technology to cope with the effects of the natural environment on the indoor microclimate and the structure of materials. The different regional climates allowed people who had lived in the area for a long time to precipitate unique regional cultures and thus construct distinctive climate-adapted buildings (Quan He, 2016). Traditional earthen dwellings respond to the influence of the natural environment from space to interface, creating a comfortable and pleasant indoor environment typical of climate-responsive architecture. In China, the use of traditional earthen construction technology is widespread. A nationwide sample survey conducted by the Ministry of Housing and Urban-Rural Development in 2010-2011, focusing on the status of rural housing since the founding of the People's Republic of China, revealed that this technology has been applied to rural house construction in all provinces. The study found that at least 60 million people across the country still reside in various types of earthen dwellings, which display unique regional characteristics shaped by the local climate and other natural conditions. Since 2008, the teachers and students of the team have been working on preserving and renovating traditional earthen dwellings. To date, we have collected fundamental

data on more than 60 typical earthen dwellings across various provinces and cities throughout the country. This article collaboratively integrates relevant literature, field research data, and the team's practical outcomes to explore the morphological characteristics and geographical distribution of traditional earthen dwellings in China from a macro perspective.

1. REGIONAL DISTRIBUTION OF TRADITIONAL EARTHEN DWELLINGS

Traditional dwellings are complex and objective artifacts that arise from human production and living practices, reflecting the interplay between human civilization and nature over time and space. Consequently, when systematically categorizing and defining traditional earthen dwellings by region, it is crucial to view district boundaries as multicultural, intertwined zones that radiate linearly outward and intersect with multiple administrative regions. This perspective acknowledges the diverse and enriched cultural contents present within these zones. This study classifies Chinese traditional earthen dwellings into six distinct zones: Northeast, Loess Plateau, Southwest, Huadong, Qinghai-Tibetan Plateau, and Xinjiang. For each region, representative traditional earthen dwelling types that have gained broad consensus are selected as research samples for analysis (Fig.1).

1.1. NORTHEAST REGION

Located in the northeastern part of mainland China, on the eastern edge of the Asian-European continent, the region is vast. It includes the three provinces of Heilongjiang, Jilin, and Liaoning and some cities in the Northeast of Inner Mongolia. The region has cold and long winters, warm and short summers, and up to six months of the year require additional heating to maintain comfortable indoor temperatures (Lijun Zhou, 2010). It is rich in land resources, with complex and varied soil types, abundant forests, and high-quality timber. The extreme climate and low productivity of the Northeast are a real constraint on the economy, so cheap and efficient earthen dwellings are widely used. Walls and roofs are often constructed with a combination of soil and grass. The addition of plant fibers not only enhances the tensile strength of the envelope but also improves its thermal insulation capacity, which is especially beneficial in winter when there is a significant temperature difference between day and night. By creating a network within the earthen wall, plant fibers increase the soil's porosity and permeability, reducing moisture accumulation, mitigating the effects of freezing and expansion, and protecting the earthen wall from damage. In the western alkaline plains, which are not conducive to crop growth, the villagers use it to build houses following local conditions, and

Figure 1. Distribution status of Chinese traditional earthen dwelling.
© Xuechun Ma.

the alkaline soil houses are built into a durable, waterproofing, and easily leachable, forming the unique characteristics of the region's housing form. Typical types are Alkaline residential dwellings, Chaoxian dwellings, and Machu dwellings. Under the influence of the similarity of the external natural environment, the morphology of the earthen dwellings in the region shows a homogenization (Fig. 2).

1.2. LOESS PLATEAU

The Loess Plateau is one of the regions in China with the most concentrated distribution of traditional soil applications in construction. The Loess Plateau spans seven provinces - Shaanxi, Gansu, Shanxi, Henan, Inner Mongolia, Qinghai, and Ningxia - and covers a total area of more than 600,000 square kilometers, making it the most continuous, concentrated, and profound area of loess accumulation in the world. The Loess Plateau is located at the edge of the temperate monsoon climate zone, with long, cold, and dry winters, significant temperature differences between day and night, and relatively cool summers (Yuanlin Xiang, 2019).

The region is characterized by severe soil erosion and a scarcity of forest resources, making the ubiquitous loess the cheapest and most abundant resource for building materials. The texture of the loess is mainly composed of powder and sand, and the clay content is only 10~25%, much lower than most areas in the south (Quanchao Zeng, 2015). In this specific climate, geomorphology, and resources, the soil, as the only abundant natural resource in the Loess Plateau, seems to be fully utilized in the housing hardware and thus gradually developed into the unique characteristics of the Loess Plateau characteristics of the traditional earthen dwellings. The loess layer has a uniform texture, high compressive and shear strength, and

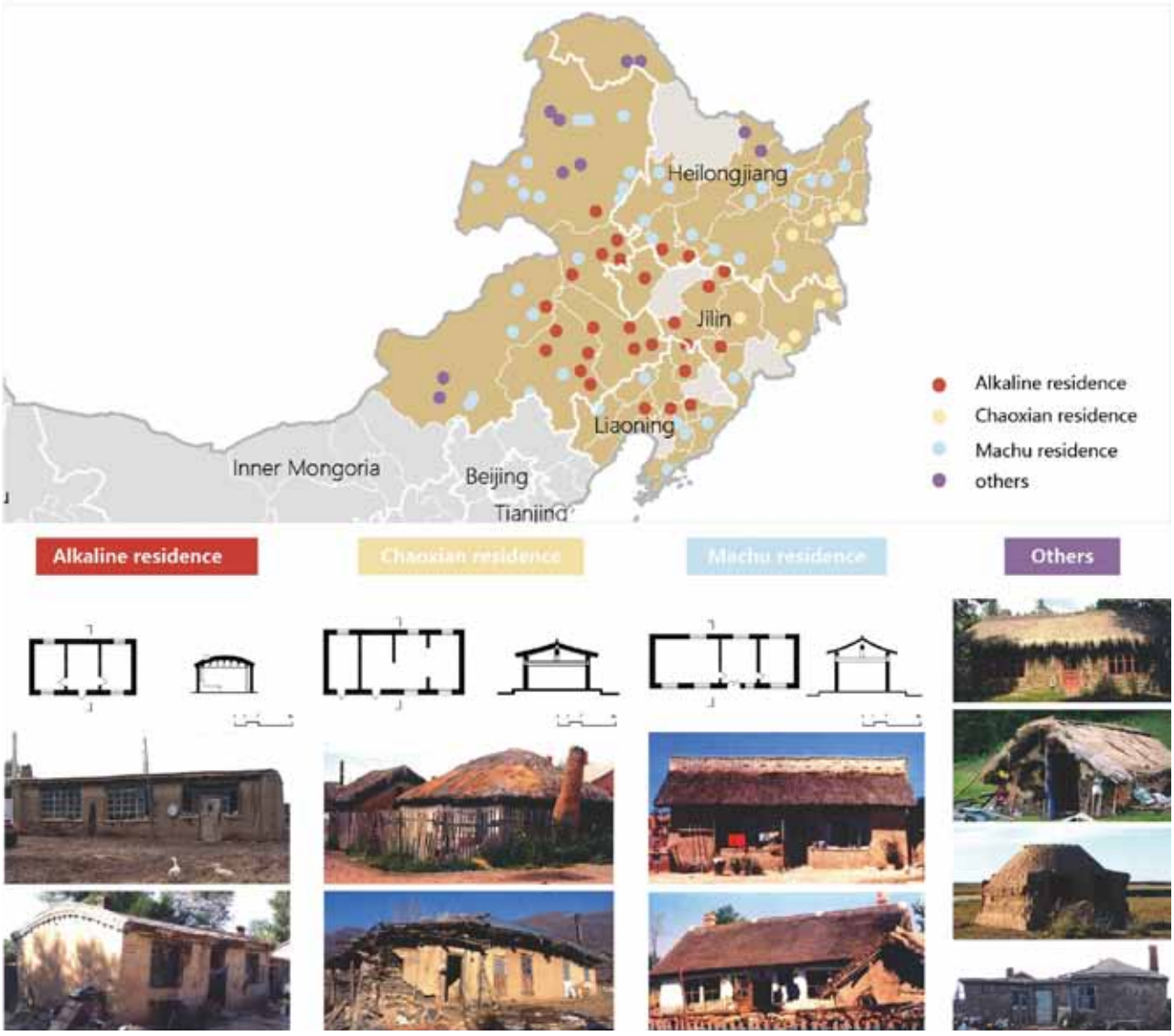


Figure 2. Distribution status of Chinese traditional earthen dwelling.
© Xuechun Ma.

can be considered a potential structural whole. Taking advantage of the plateau's favorable topography, local people dug into the earth to create dwellings, quickly establishing comfortable indoor environments beneath the thick soil cover. This practice evolved into the region's distinctive residential architecture called Cave Dwellings. The Loess Plateau encompasses a diverse range of landscapes, resulting in various types of cave dwellings. Along both sides of the river valleys, Cliff Cave Dwellings are predominantly found. In flat, hilly areas where earth slopes are unavailable, people constructed kilns sunk into the ground. At the bottom of gullies, freestanding Cave Dwellings built with adobe brick masonry are common. These architectural forms exemplify the harmonious relationship between humans and their natural environment. The architectural landscape of the Loess Plateau can be summarized by three distinctive types: traditional cave dwellings, a large number of Traditional Courtyard Earthen Houses, and the relatively rare ZhaiBao structures (Fig. 3).

1.3. SOUTHWEST REGION

The southwest regions referred to here are Guizhou, Yunnan, and Sichuan. It excludes Sichuan-Tibet and Yunnan-Tibet. The Southwest regions under discussion — Guizhou, Yunnan, and Sichuan — are among the most geomorphologically complex in China. This area features five basic continental landforms: plateaus, mountains, hills, basins, and plains. The diverse geomorphology also influences the region's climate, encompassing 11 types: tropical, subtropical, warm temperate, mesothermal, plateau mesothermal, plateau frigid, and others. As a result, micro-climates in neighboring regions can vary significantly (Jianhua Li 2010).

Historically, the Southwest region of China, comprising Guizhou, Yunnan, and Sichuan, has faced challenges due to a poor transportation system (Junlian Zhang, 2023). This has led to local construction practices relying heavily on readily available natural materials. Although bamboo and timber resources are abundant, the diverse climatic conditions in the region make earthen materials the preferred choice. The region's diverse soil types generally have high clay content, including red soil, lateritic red soil, yellow-cinnamon soil, and purple soil. Given these soil conditions and the availability of plants, local people have developed various earthen construction techniques, such as rammed earth, adobe, and Straw Mud, to address different climatic and geomorphological challenges and construc-

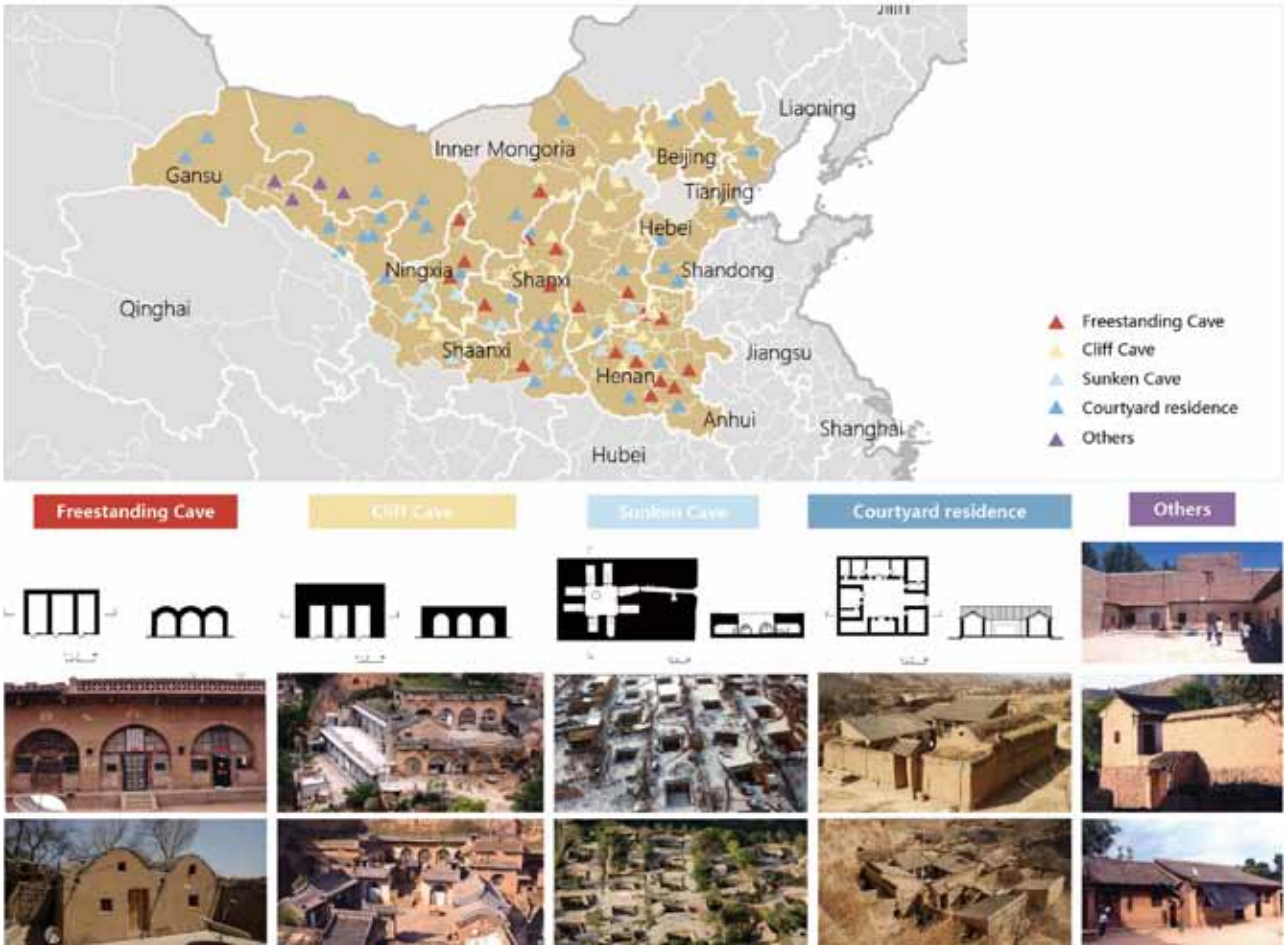


Figure 3. Distribution and typical form of earthen dwellings in the Loess Plateau.
© Xuechun Ma.

tion needs. Additionally, Southwest China is a melting pot of the three major cultural plates of the country, contributing to the rich cultural diversity of buildings. The interaction of these complex factors — climate, geomorphology, culture, and resources — has led to the development of diverse traditional earthen residential architectures in the region, including Tuzhang Dwellings, Mushroom Dwellings, Yikeyin, and other unique forms (Fig. 4).

1.4. HUADONG REGION

The Huadong region experiences a longitudinal subtropical monsoon climate in the north-south direction and a tropical humid monsoon climate characterized by hot, humid summers and cold, wet winters. This region is predominantly covered with yellow, red, and lateritic red soils, high in clay content and plasticity, and offers excellent heat storage and moisture absorption properties. These soil characteristics make it a valuable resource for traditional local construction, with rammed earth being the most common method. Local inhabitants have skillfully adapted to the challenging natural environment using indigenous materials. For example, in coastal areas of Fujian, shell powder and glutinous rice paste are mixed with soil to enhance the walls' mechanical strength and water resistance. In western Guangdong, where frequent flooding is expected, dwellings are constructed by blending raw soil with locally sourced yellow sugar and egg whites in specific proportions. This mixture is used in rammed walls and floors, significantly improving their durability and water resistance and thus reducing damage from flooding (Yanying Li, 2004).

Traditional raw earthen dwellings in China exhibit various architectural forms influenced by social, cultural, and regional factors. Among these, the Fujian Tulou is particularly noteworthy. Recognized on the World Heritage List in 2008, the Tulou is celebrated as one of China's most renowned traditional earthen dwellings. It is famous as the world's largest traditional dwelling in terms of population density. Its structure features rammed earth walls supported by wooden beams and pillars designed for communal load-bearing. The layout arranges living spaces around the perimeter, optimizing environmental conditions to meet communal living needs while protecting against external disruptions. The Tulou is impressive in scale, with a diameter of 60 meters and a height of 12 meters, accommodating over 600 occupants across its

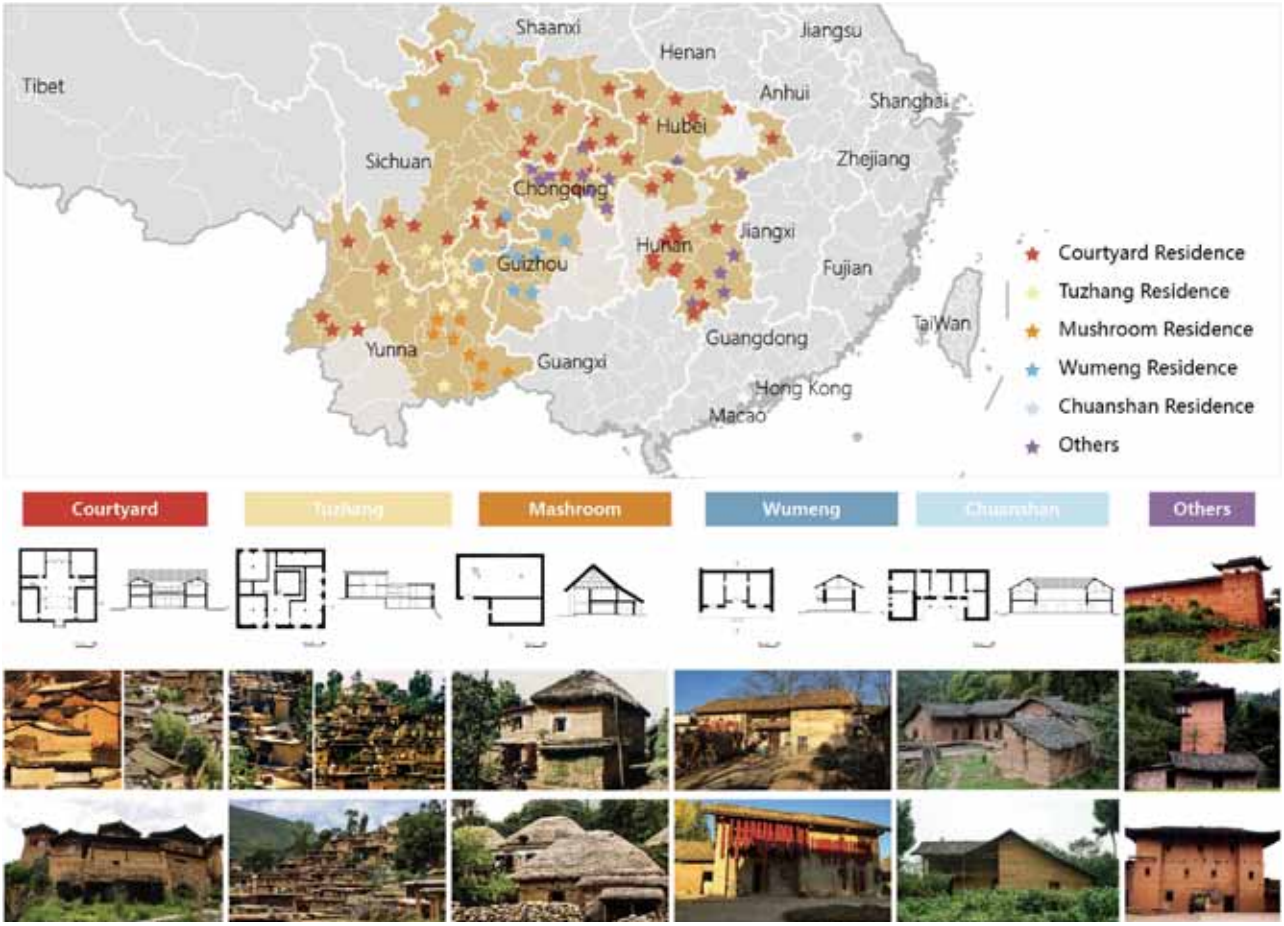


Figure 4. Distribution and typical form of earthen dwellings in the Southwest Region.
© Xuechun Ma.

300 rooms. Central Fujian is home to numerous Tulou, and the region also includes Tubao, which serves as expansive residential structures with defensive capabilities but varies in functional layout and structural composition. There are currently over 3,500 extant Tulou and Tubao fortresses in Fujian. In East, South, and Central China, there is a rich diversity of small and medium-sized traditional earthen dwellings. These dwellings reflect a variety of architectural forms shaped by different environmental, social, and cultural factors (Fig. 5).

1.5. QINGHAI-TIBET PLATEAU

The Qinghai-Tibetan Plateau, the highest and youngest plateau in the world, features a series of high mountain ranges oriented east-west or north-south. This plateau's complex and varied topography can be divided into six distinct regions: the Qiangtang Plateau, South Tibet Valley, Tsaidam Basin, Qilian Mountains, Qinghai Plateau, and the Sichuan-Tibet Valleys area (Zhangyi Li, 2002). Administratively, the Qinghai-Tibetan Plateau encompasses the entire Tibet Autonomous Region, Qinghai Province, and parts of Yunnan, Sichuan, Gansu, and Xinjiang provinces (Zhengan Qian, 2004).

The climate of the Qinghai-Tibetan Plateau is characterized by intense solar radiation, long sunshine hours, extended dry and cold winters, cool and rainy summers, and significant diurnal temperature variations. Given the region's challenging transport conditions and scarcity of conventional building materials, soil with good heat storage properties, which can be locally sourced, economical, and practical, has naturally become a preferred material for construction. Traditional earthen dwellings, particularly mud ones, are concentrated in agricultural

Figure 5. Distribution and typical form of raw earthen dwellings in Huadong.

© Xuechun Ma.

areas such as Lhasa and Shigatse. In contrast, rammed earth is commonly used across the broader Qinghai-Tibetan Plateau. The region's housing construction techniques share a high degree of commonality, especially in earthquake-prone areas, where log cabin structures are often integrated into earthen bunkers. This design ensures both seismic resilience and excellent thermal performance. Even if the outer earthen wall collapses, the internal wooden frame provides structural stability and protection for occupants. Regional resource variations, landforms, and climatic conditions have led to distinctive characteristics in earthen dwellings. Additionally, cultural practices have influenced the development of unique dwelling forms, such as the Diaofang, Banfang, Zhuangkuo, and Bengkong (Fig. 6).

1.6. XINJIANG REGION

Xinjiang, located in the heart of the Eurasian continent, is far from the sea, contributing to its distinct climatic and geomorphological characteristics (Xinying Zhang, 2022). The region is known for its "three mountains sandwiched between two basins" configuration, which blocks oceanic airflow and results in limited rainfall and dry conditions. Xinjiang experiences cold winters, hot summers, and abundant sunshine, reflecting typical features of a temperate continental arid and semi-arid climate. The average annual rainfall in Xinjiang is approximately 150 millimeters, with evaporation rates usually surpassing precipitation. Deserts and Gobi regions dominate the landscape, covering up to 48 percent of the territory, while oases account for less than 10 percent (Sailijiang, 2005).

Xinjiang faces extreme climatic conditions that impact transport and resource availability. As a result, earthen materials that offer excellent thermal properties and are locally available have become the preferred choice for housing construction. Unlike China's eastern and southwestern regions, Xinjiang's distinct natural conditions, coupled with its historical role as a cultural crossroads for diverse ethnic groups from Europe and Asia, have fostered unique raw earthen-building traditions across the region. Despite these myriad influences, the extreme environmental factors in Xinjiang have led to a relative convergence in architectural forms and craftsmanship. Traditional dwellings are primarily found in oasis areas that predominantly use locally available clay-rich soil for wall construction. Raw earthen techniques such as rammed earth, adobe, and shel-

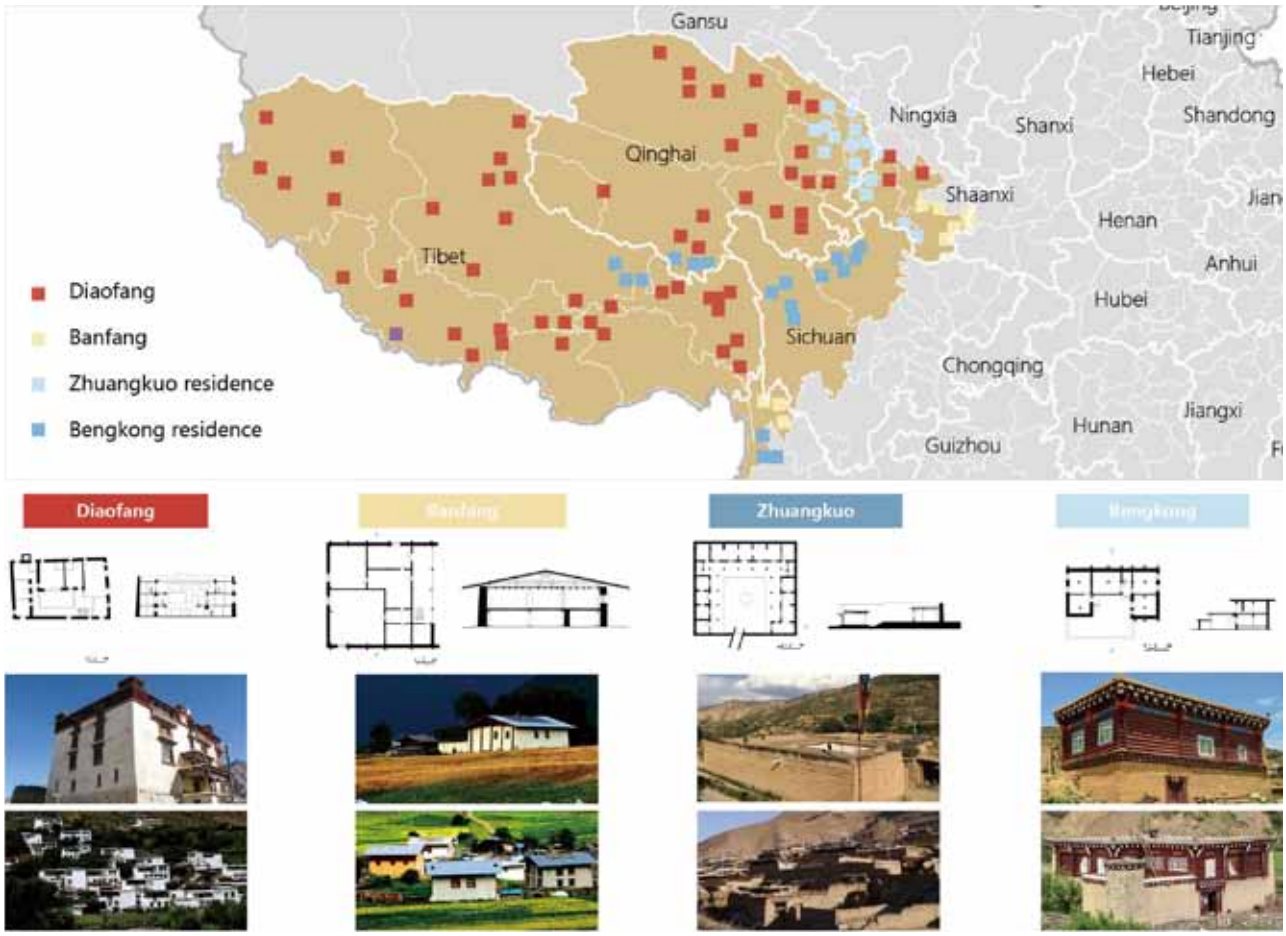


Figure 6. Distribution and typical form of earthen dwellings in the Qinghai-Tibet plateau.
© Xuechun Ma.

tered earth are commonly employed. However, even within Xinjiang, raw earthen dwellings exhibit regional variations influenced by natural conditions and cultural environments. Notable examples include the distinct traditional dwellings in the Turpan, Kashi, and Hetian regions, each reflecting specific local characteristics (Fig. 7).

2. THE CORRELATION BETWEEN TRADITIONAL EARTHEN DWELLINGS AND THE NATURAL ENVIRONMENT IS ANALYZED

The complexity, diversity, and uniformity observed in traditional raw earthen dwellings are not random occurrences but manifestations of an underlying logic. Pre-industrial societies had limited productivity, and local materials and climate conditions significantly influenced construction practices, necessitating reliance on local resources and environmental adaptations. Over centuries, these traditional dwellings underwent iterative evolution to adapt and thrive in unique local climatic conditions, ultimately creating vibrant and distinct indigenous architectural styles. Utilizing indigenous resources not only resisted and adapted to local climates but also fostered comfortable living environments indoors. As a result, the distinctive features and distribution patterns of traditional earthen buildings reflect the natural environment in which they are situated. Traditional earthen dwellings reflect a conscious adaptation to their natural environment through architectural space and interfaces, a practice often called climate adaptation in architecture. Key external climatic factors — such as temperature, humidity, sunshine, precipitation, and wind — play crucial roles in determining human living comfort and directly influence the development of traditional architectural styles. Furthermore, topography and natural materials indirectly shape architectural forms. This section examines the strong relationship between traditional indigenous dwellings and their natural environments, analyzing how their architectural techniques are tailored to diverse environmental conditions from both spatial and interfacial perspectives. By uncovering the deep-seated driving factors that have shaped the evolution of these techniques, this analysis highlights the modern relevance of traditional wisdom and ecological practices, offering valuable insights and guidance for contemporary architectural design (Fig. 8, 9).

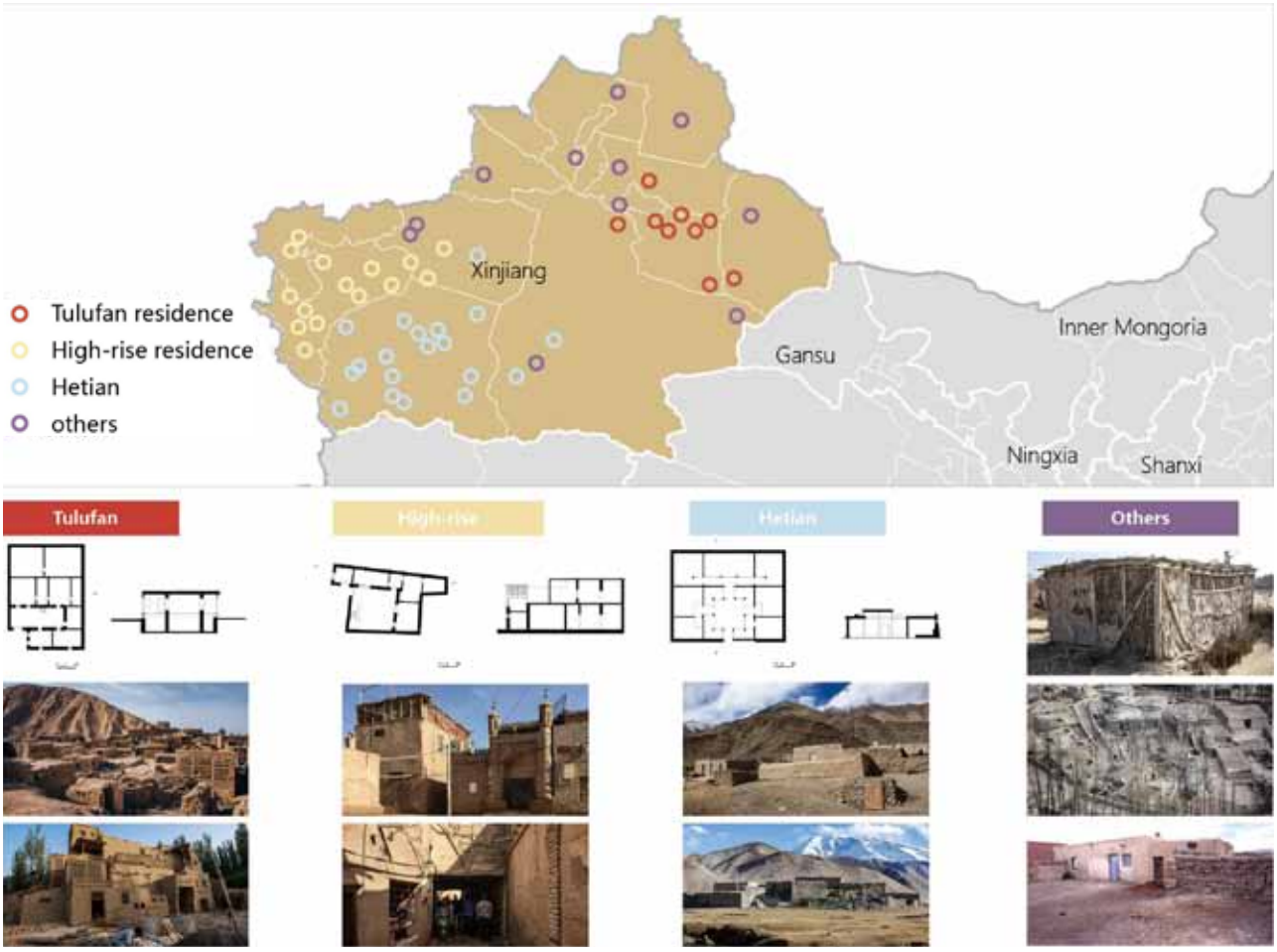


Figure 7. Distribution and typical form of native raw earthen dwellings in Xinjiang.

© Xuechun Ma.

2.1. NORTHEASTERN REGION

Under extreme climatic conditions and relatively scarce natural resources, several architectural forms have evolved in the Northeast region to adapt to the local environment and lifestyle. These forms exhibit high similarity due to the region's specific environment. In the Northeast, where summers are cool and heat protection is less critical, the primary focus is on managing the long, cold winters. The architectural design features expansive and open courtyards separated from each other, with leading houses oriented north and south. The buildings are characterized by their small size, wide widths, shallow depths, and a buffer space at the entrance. The roofs and walls are constructed thickly to maintain indoor temperatures. Large windows are placed on the south side to maximize solar gain, while the east and west sides lack windows to control heat loss. This design approach effectively maximizes protection from the cold, minimizes internal heat loss, and optimizes solar gain.

2.2. LOESS PLATEAU

In these regions, earthen buildings focus more on protection from winter cold and summer insulation. Common architectural strategies include excavating caves and constructing robust, enclosed structures to retain heat and shield against the cold. Typically, these houses feature a few small windows to conserve heat while considering the need for natural light and against wind and sand erosion, with foundations made of masonry outside the earthen walls to provide additional thermal insulation and moisture resistance. The residential architecture in these areas is compact, low, and enclosed, with simple forms. In addition to inherent thermal insulation and heat retention, traditional earthen structures use high courtyard walls to reduce wind and sand erosion, enhancing indoor comfort and protecting from external elements. These designs effectively utilize the natural terrain and the excellent thermal properties of raw earth to mitigate the impact of the climate on indoor environments, creating a comfortable and stable living space.

2.3. SOUTHWESTERN REGION

In this region, the diverse microclimates created by varying terrain lead to distinct building control objectives and a wide array of earthen dwellings. The climate adaptability of these traditional residential structures can be categorized into the following types: Dry-hot and dry-cold areas. Most residential

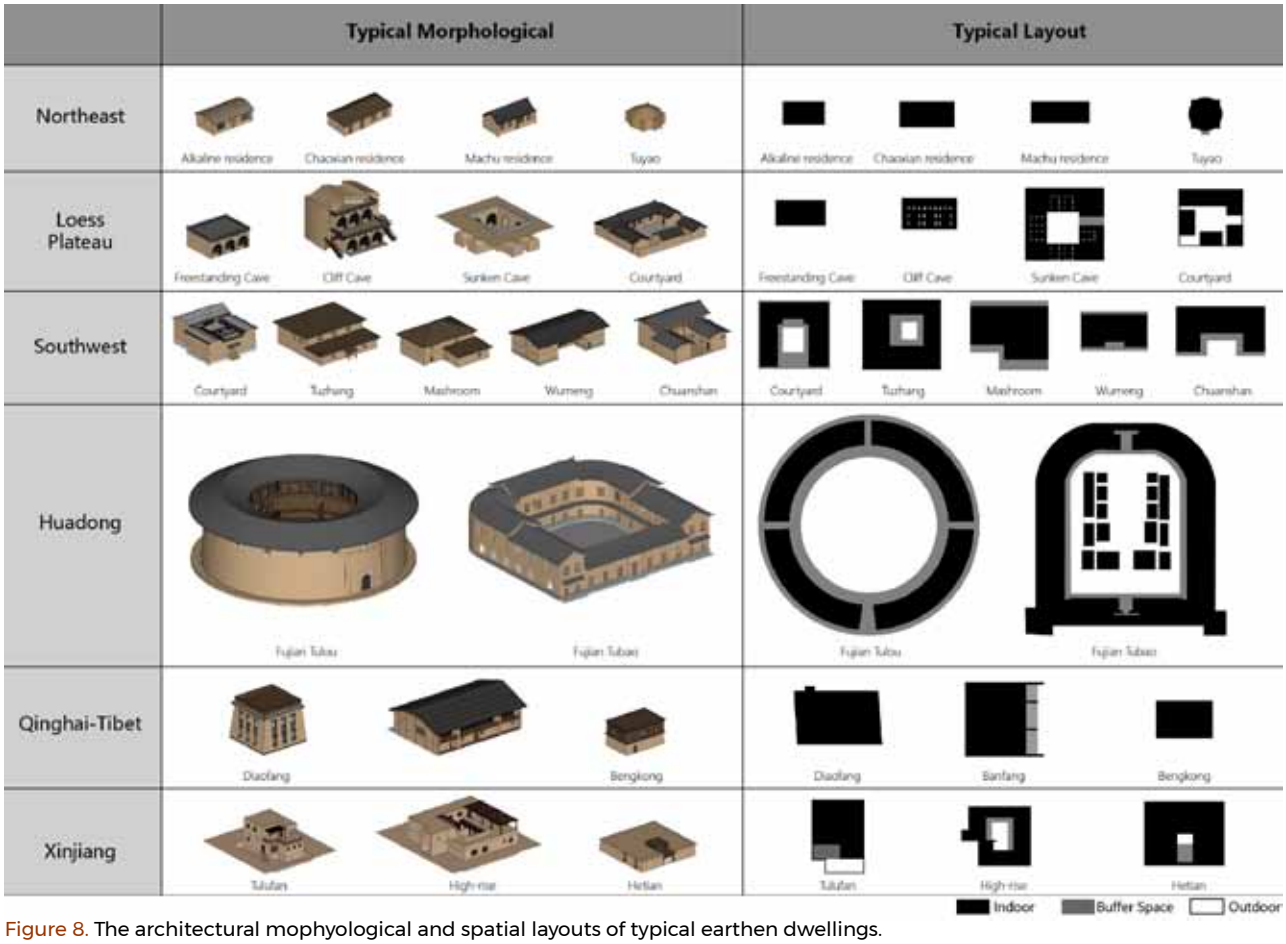


Figure 8. The architectural mophyological and spatial layouts of typical earthen dwellings.

© Xuechun Ma.

buildings in these regions have low heights and simple cubic forms, minimizing indoor space and reducing the surface area for heat exchange between the building and the outside environment. Thick earthen walls and earth-covered roofs, which have excellent thermal and moisture-regulating properties, help create comfortable indoor environments. Rainy, hot, and humid areas: To protect the earthen structures from heavy rainfall, locals often construct a grass roof with two or four slopes atop the flat rammed-earth roof. These steeply sloped roofs (greater than 45°) allow for rapid drainage and reduce the erosive damage caused by rain on the earthen roof. Cold winter and hot summer areas: In regions with significant seasonal temperature variations, the buildings are often laid out more flexibly due to the terrain. Most houses are single-story, with double-slope roof systems that provide insulation during the summer and warmth in winter. Including eaves in front of the house helps shield the structure from rain. These adaptive strategies showcase how traditional earthen dwellings in this region respond effectively to their specific climatic challenges, utilizing natural materials and simple design techniques to achieve comfort and durability.

2.4. EASTERN REGION

In Tulou and Tubao, walls over 1 meter thick are commonly used to block the intense summer heat while ensuring warmth during the winter months. Additionally, these structures often incorporate semi-outdoor spaces that allow optimal use of

Region	Climate adaptation technology		Climatic factor									Topography	Natural material	
			External climatic factor							Internal factor				
			Solar radiation and climate temperature			wind		precipitation	humidity	Indoor heat			Earth	Others
			Heat gain	Heat proof	Day lighting	Ventilate	Wind-proof	Rain-proof	Damp-proof	Preservation	Dissipation			
Northeast	Space	orientation	√		√					√	×			
		Semi-outdoor					√			√	×			
		plane	√							√	×			
		shape coefficient	√				√			√	×			
	Interface	wall	√				√	√		√	×		√	√
		roof	√				√	√		√	×		√	√
		Window	√		√	√	√	√		√	×			√
		Foundation						√	√	√	×		√	√
Loess Plateau	space	orientation	√	√	√		√			√				
		Semi-outdoor	√		√	√	√	√		√	×	√		
		plane	√	√			√			√	×	√	√	
		shape coefficient	√	√			√			√	×			
	interface	wall	√	(√)			√	√		√	×	√	√	√
		roof	√	(√)			√	√		√		√	√	√
		Window	√		√	√	√			√				
		Foundation	√	√				√	√	√		√	√	√
Southwest	space	orientation	√	√										
		Semi-outdoor	√	√	√	√		(√)	(√)	√	√			
		plane	√	√		√	(√)			√	√	(√)		
		shape coefficient	√	√						√	√			
	interface	wall	√	√									√	√
		roof	√	√				√					(√)	(√)
		Window			√	√					√			
		Foundation						√	√			√	√	√
Huadong	space	orientation	×	√	(√)	√						(√)		
		Semi-outdoor	×	√	√	√		√	√	(√)	√			
		plane	×	√		√					√	√		
		shape coefficient												
	interface	wall	(√)	√				√	√	(√)		√	√	√
		roof	(√)	√				√		(√)			√	√
		Window	(√)	√	√	√		√		(√)	√			
		Foundation						√	√				√	√
Qinghai-Tibet Plateau	space	orientation	√	×										
		Semi-outdoor	√		√					√	×			
		plane	√				√			√	×	√		
		shape coefficient	√							√	×			
	interface	wall	√							√	×	√	√	√
		roof						√		√	×		√	√
		Window			√	√				√	×			
		Foundation								√	×	√	(√)	(√)
Xinjiang	space	orientation	(√)	(√)										
		Semi-outdoor		√	√	√		√		√	√			
		plane	(√)				√			√	×			
		shape coefficient	(√)							(√)	(√)			
	interface	wall	√	√						√	(√)	√	√	(√)
		roof		√				√		√	(√)		√	(√)
		Window			√	√					√			
		Foundation						√	√	√		√	√	√

Figure 9. The embodiment of climate response of traditional raw earth dwellings.

© Xuechun Ma.

natural light and ventilation, further enhancing the indoor environment by regulating temperature and airflow. Eaves are carefully designed to reduce direct sunlight penetration during the summer and prevent rain from seeping into the structure. The buildings typically have a large body coefficient a layered design that promotes better indoor air circulation, reduces humidity, and improves overall comfort. These architectural strategies showcase a sophisticated understanding of climate adaptability, using passive design elements to control indoor conditions and enhance livability in large earthen structures.

2.5. QINGHAI-TIBET PLATEAU

In alpine regions, buildings often adopt square plan forms and feature facades with smaller windows and doors to protect against cold winds and maintain consistent indoor temperatures. This compact design minimizes heat loss while providing adequate shelter from harsh climatic conditions. Some dwellings in hot and dry areas incorporate patios or courtyards to enhance natural ventilation, improving airflow and reducing indoor heat buildup. These dwellings are typically 2-3 stories tall, with varying ceiling heights to accommodate different climatic and spatial needs. Lower story heights help minimize the building's footprint and reduce the exposed external surface area, which is crucial for energy efficiency. The wall thickness of the base sometimes reaches up to 1 meter, providing exceptional thermal mass, allowing the walls to absorb and store heat during the day and release it at night, ensuring warmth in winter and mitigating temperature fluctuations year-round. This design approach effectively leverages the thermal properties of earthen materials to create a comfortable living environment in regions with extreme climates.

2.6. XINJIANG

Xinjiang's distinctive geographical location and topographical features contribute to its climate (Hanlin Dong 2023). The Gobi Desert Region experiences minimal rainfall, frequent strong winds, and intense sunlight. Local inhabitants construct semi-subterranean spaces, utilizing earth-covered vaults and thick mud walls to maintain indoor thermal comfort. Large, high sheds are built around the houses to shield them from the harsh sun. These strategies optimize indoor temperature and humidity levels, ensuring that living spaces remain warm in winter and cool in summer, providing a pleasant environment for residents. The Hetian Region: Located at the edge of the desert, this region experiences hot summers, cold winters, limited rainfall, and frequent sandstorms. In response to these harsh conditions, the architectural style is relatively enclosed to protect against wind and sand. A covered atrium is a key feature in local homes, blocking sand intrusion and enhancing ventilation. This design ensures efficient cooling during the hot summer, making the indoor environment more comfortable. Finally, in the Oasis Region, more temperate oasis areas and residential houses are built harmoniously with the mountainous terrain. The dwellings are often arranged in overlapping formations, resulting in a relatively open and flexible layout. The proximity of buildings creates shaded "grey spaces," which enhance ventilation and shading, further contributing to the overall comfort of the living environment.

CONCLUSION

This study focuses on traditional earthen dwellings in China, thoroughly exploring their architectural characteristics, regional distribution patterns, and harmonious adaptation to the natural environment. Conducts a detailed analysis of traditional earthen dwellings in six representative regions — Northeast, Loess Plateau, Southwest, East China, Qinghai-Tibet Plateau, and Xinjiang — summarizing their morphological features and regional distribution. The research reveals that while traditional Chinese earthen dwellings exhibit diverse morphology, they share a highly consistent core principle of adapting to the natural environment. To address different regions' complex and varied climatic conditions, these dwellings have adapted by selecting locally available materials, devising unique construction techniques, and developing a mature set of passive design strategies. These strategies effectively enhance living comfort, significantly reduce reliance on external energy sources, and provide valuable guidance for the sustainable development of modern green architecture.

This study provides a scientific foundation for preserving and restoring traditional vernacular architectural heritage while promoting public and professional appreciation of its cultural and ecological significance. Such understanding helps build social consensus, encourages broader heritage conservation efforts, and injects innovative vitality into transforming traditional ecological wisdom into modern green building design. It also contributes meaningfully to achieving sustainability goals that balance ecological and cultural priorities.
In the future, it is essential to further integrate these traditional strategies into modern contexts from a scientific perspective, providing appropriate technological solutions for the rapidly developing construction industry and achieving the seamless fusion of traditional wisdom with contemporary demands.

BIBLIOGRAPHY

Quan He, WenFang He, Liu Yang, et al.. (2016) Exploration of a new type of earth-based dwelling architecture under extreme climatic conditions (in Chinese), Architectural Journal,2016 (11):94-98.

Lijun Zhou, Libo Yu. (2010). Discussion on technical measures of traditional dwellings in Northeast China for coping with severe cold climate (in Chinese). Southern Architecture, 06, 12-15.

Yuanlin Xiang, Mingming Cao. (2019). Construction and characteristic analysis of the landscape genomic map of traditional rural settlements in Shaanxi cave dwellings (in Chinese). Human Geography, (2019) 34(06), 82-90.

Quanchao Zeng, Li, Xin, Dong, Yanghong, et al. (2015). Latitude variation characteristics of soil properties and their ecological stoichiometry in the Loess Plateau of northern Shaanxi. Journal of Natural Resources, 30(5), 870-879.

Jianhua Li, Xingguo Zhang, et al. (2010). From dwellings to settlements: New trends in the study of regional architectural culture in China — Taking the Southwest region as an example (in Chinese). Journal of Architecture, (2010) 03, 82-84.

Lianjun Zhang, Zhiyong Zhang, Liuhua Fang, et al. (2023). Constructing the Logic and Strategy of a Modern Comprehensive Transportation System in Southwest China (in Chinese), Journal of Dalian Nationalities University, 25(2): 157-162. DOI: 10.13744/j.cnki.cn21-1431/g4.2023.02.019.x

Yanying Li. (2004). Study of the Tactics for Preservation and Development of Ancient Shiqiao Settlement in Nanjing County of Fujian (in Chinese), Architectural Journal, 2004 (12):54-56.

Yang Yuan. (2021). Study on the shear wave velocity and anisotropic structure of the crust and upper mantle at the eastern edge of the Tibetan Plateau (in Chinese). University of Science and Technology of China. DOI: 10.27517/d.cnki.gzkju.2021.000048.

Zhang Y., Li, B., & Zheng, D. (2002). Discussion on the scope and area of the Qinghai-Tibet Plateau (in Chinese). Geographical Research, (01), 1-8.

Zhengan Qian, Tongwen Wu, et al.. (2004). Distribution and variation of atmospheric precipitation and diverse precipitation climates in the Qinghai-Tibet Plateau and surrounding areas (in Chinese). Plateau Meteorology, 01, 1-1

Xueying Zhang, Zhengyong Zhang, Lin Liu, et al. (2022). Spatial pattern and geographical characteristics of terrain complexity index in Xinjiang. Geographical Research, 41(10): 2832-2850. DOI: 10.11821/dlyj020211075

Sailijiang. (2005). Traditional dwellings of various ethnic minorities in Xinjiang (in Chinese). Huazhong Architecture, 05, 144-147.

Pengfei Qi, Haino Wang. (2022). A historical study on the evolution of the concept of "socialist industrialization" (1949–1966) (in Chinese). Jianghuai Forum, 2022 (6), 5-13+37. DOI: 10.16064/j.cnki.cn34-1003/g0.2022.06.001.

Hanlin Dong, Wenting Wang, Yu Xe n, et al. (2023). Climate dry-wet conditions, changes, and their driving factors in Xinjiang (in Chinese). Arid Zone Research, 40(12), 1875-1884

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Xuechun Ma is the doctor of the School of Beijing University of Civil Engineering and Architecture. The main research interests are traditional earthen dwellings and green buildings.

Jun Mu is the director of the School of Beijing University of Civil Engineering and Architecture, with primary research interests in small and medium-sized public buildings, green buildings, earthen architecture, and traditional houses, as well as the research and practice of architectural design methods, theories, policies, and construction technologies related to the sustainable development of village construction.

FENÓMENO SOCIO-ECONÓMICO Y CULTURAL ALREDEDOR DE LA CONSTRUCCIÓN CON TAPIA PISADA EN BARICHARA, COLOMBIA.

Santiago RIVERO, De la tierra Casa Taller, Barichara - Colombia (info@delatierracasataller.com)

RESUMEN

El artículo expone el fenómeno socio-económico y cultural de la construcción con tierra y específicamente de la tapia pisada en el municipio de Barichara, un pueblo con valor patrimonial por su estado de conservación arquitectónica y que se ha convertido en un destino turístico en Colombia. En Barichara está activa la cadena de valor de la construcción con tierra gracias al mercado inmobiliario que demanda este tipo de construcciones. El artículo hace una aproximación al fenómeno buscando su origen, sus potencialidades, sus afectaciones y sus desafíos. Se resalta la dinámica financiera cercana a los 8 millones de dólares por año, el rol fundamental del maestro *tapiero* como pieza central de la dinámica y el impacto en la comunidad. La trayectoria de Barichara alrededor de la construcción con tierra permite obtener lecciones y realizar análisis que pueden aportar en procesos a desarrollar en lugares con características similares.

INTRODUCCION

40 años atrás nadie hubiese imaginado que Barichara, un pequeño poblado colonial de casas de tapia pisada, se convertiría en uno de los lugares más visitados de Colombia. Para ese entonces, Barichara estaba desconectada de la red de vías pavimentadas. La aspiración de los jóvenes era irse del pueblo a buscar futuro en otro lugar. Las familias que permanecían, añoraban vivir en una casa moderna de ladrillo y cemento. Hace 40 años a nadie se le pasaba por la cabeza que las casas de tapia pisada cobrarían más valor que las modernas; que la construcción y el mercado inmobiliario se convertirían en el principal motor de la economía de Barichara, que los muchachos verían en la tapia pisada una opción de trabajo digno y suficiente como para quedarse en el pueblo.

La población local ha ido comprendiendo que la conservación de sus tradiciones es la moneda de cambio en un mundo global. Barichara permite apreciar la incidencia de la apropiación y la vinculación de la cultura constructiva en las dinámicas económicas y sociales para propiciar desarrollo sostenible. En muchos lugares, esa idea se piensa y se proyecta. En Barichara hace parte de la realidad.

Figura 1. Panorámica de Barichara.
© Ricky Beron en Unsplash.[1]

1. CONTEXTO BARICHARA

1.1. UBICACIÓN Y GENERALIDADES

Barichara es un municipio ubicado sobre la cordillera oriental de los Andes Colombianos. En vehículo, se encuentra a 7 horas de Bogotá en dirección norte y a 4 horas de Bucaramanga (capital del departamento de Santander) en dirección sur.

El territorio hace parte del bosque seco tropical donde las lluvias son escasas. Barichara se encuentra al borde de una meseta que da al Cañón del Rio Suárez. (Fig.1)

1.2. UN POCO DE HISTORIA

Desde la colonia, las familias españolas que se asentaron en el territorio cultivaron tabaco y construyeron sus casas con tierra. La baja humedad natural del terreno en Barichara condujo a que el sistema constructivo desarrollado fuera la tapia pisada. Cuando llegaron los españoles, los indígenas que habitaban el territorio eran los Guanes. Su población se fue mermando rápidamente por las enfermedades traidas por los españoles, trabajo forzado y suicidio colectivo. Al disminuirse la población indígena, los españoles y sus hijos asumieron el trabajo. Esta acción forjó un cáracter muy particular en los colombianos nacidos en esta región del país. Pequeñas manufacturas de tabacos y sombreros, producción sin esclavitud y movimiento intelectual generaron una dinámica económica y cultural que fue antecedente para las gestas de independencia. Los factores socio-culturales y ambientales imprimieron un talante al poblador de Barichara y sus alrededores : Laboriosidad, altivez y orgullo propio. Características que sin duda influyeron para que cuatro siglos después se esté hablando de la tapia pisada en Barichara.

1.3. HACIA LA MODERNIDAD. LA DESCONEXIÓN CON EL CAMINO

Desde antes de su fundación en 1705, Barichara se destacó por la producción de tabaco y por ser en un punto estratégico en la red de caminos coloniales pues era un lugar de estancia obligada antes o después de atravesar el Cañón del Rio Suarez, en la ida y vuelta hacia los puertos en el Río Magdalena. En 1946 entra en funcionamiento la carretera que comunica a Bogotá con Bucaramanga, pasando por San Gil y sin tocar a Barichara. Esto generó una desconexión de las nuevas dinámicas socio-económicas y culturales del momento. Barichara quedó aislada por un poco más de 40 años cuando a inicios de los años ochenta se abre la carretera que la conectó con San Gil.

1. https://unsplash.com/es/fotos/una-vista-aerea-de-una-ciudad-con-montanas-al-fondo-dWUFfoNlVcg?utm

1.4. LAS CONSECUENCIAS POSITIVAS DEL AISLAMIENTO

El único presidente de Colombia nacido en el departamento de Santader, es de Barichara. Se trata de Aquileo Parra Gómez quien estuvo en la presidencia 1876 y 1878 . En la conmemoración de los 100 años de la presidencia de Aquileo Parra (1978), una delegación del gobierno se desplaza a Barichara para rendir un homenaje. La delegación descubre un municipio con un excepcional grado de preservación en todas sus tradiciones, pero especialmente su arquitectura y urbanismo (Fig. 2); por lo que es declarado en 1978 Monumento Nacional. El aislamiento de Barichara desde 1946 cuando se abrió la carretera pavimentada, favoreció para que la introducción del uso del ladrillo y el cemento no fuera tan rápida como ocurrió en otros lugares patrimoniales que estaban sobre la vía. Entre 1946 y 1984 el desarrollo constructivo fue muy bajo y se limitó a arreglos en casas antiguas de tapia pisada y construcción de *caneyes*[2] también en esta técnica. Gracias al aislameinto, para cuando se da la declaratoria de Monumento Nacional en 1978, el oficio de la tapia pisada estaba aun vigente.

2. CADENA DE VALOR DE LA CONSTRUCCION CON TIERRA EN BARICHARA

En Barichara y su entorno se mueven al año cerca de 6 millones de dólares en construcciones relacionadas con la tierra, bien sea intervención de edificaciones existentes o la construcción de nuevas en el sector urbano y rural. Una cifra nada despreciable para un municipio pequeño (12 mil habitantes) al que le llegan de la nación 3 millones de dólares anualmente para su funcionamiento.

Para comprender mejor el impacto del fenómeno socio-económico de la construcción con tapia pisada en Barichara se realiza un análisis del sector desde el concepto de la Cadena de Valor establecida por la Organización Internacional del Trabajo – OIT- en el 2016 : « *La cadena de valor es la gama de actividades (contenidas dentro de una sola empresa o divididas entre diferentes empresas, ubicadas en una sola área geográfica o en varias) que se requiere para llevar un producto o servicio desde su concepción, pasando por las fases intermedias de la producción y la entrega hasta los consumidores y su disposición final después de su uso. Esto incluye actividades tales como el diseño, la producción, la comercialización, la distribución y los servicios de apoyo hasta llegar al consumidor final* ». De acuerdo a la OIT, las partes que integran la cadena de valor de la construcción son: inversionistas, proyectistas, proveedores, ejecutores de obra, marketing y ventas, mantenimiento y servicio postventa. (Fig. 3)

La construcción con tierra en Barichara tiene todos los eslabones de la cadena de valor activos en diferentes niveles. Se realiza un análisis de cada eslabón de la cadena de valor para el caso de la construcción con tierra en Barichara.

2. *Caney*: Construcción rural que se conforma por dos ejes de columnas de tapia pisada, separados unos 5 a 6 metros. El espacio se cubre con cubierta de paja o de teja con dos planos inclinados desde el eje central. Este tipo de construcción rural se utiliza para el secado de las hojas de tabaco, almacenamiento de maíz y otros insumos agrícolas. Recientemente en Barichara, la morfología del caney se adaptó para espacios habitacionales y viviendas.

Figura 2. Calle 5 de Barichara.
© Santiago Rivero.

CADENA DE VALOR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN BARICHARA
Inversión
Diseño y viabilidad
Materiales y maquinaria
Ejecución de la obra
Marketing y ventas
Mantenimiento
Inversor
Proyectos inmobiliarios
• Urbanos Privados: 5
• Urbanos públicos: 4
• Sector rural:8
4000 unidades de vivienda en oferta
Proyectistas
• 10 años de experiencia: 11 (3 locales)
• 10 años de experiencia (5 locales)
Soporte estructural 4
Soporte suelos
Soporte hidráulica 2
Proveedores
• 4 Distribuidores de materiales
• 1 planta btc
• 2 proveedores de pañete listo
• 3 proveedores de madera y carpintería de segunda
• 3 proveedores tierra
• 5 proveedores piedra
• 15 productores de teja, ladrillo
• 5 Maquinaria pesada para movimiento de tierras
Contratistas
• Maestros tapieros: 56
◦Mayor de 60 años: 2
◦50 – 60: 4
◦30 – 50: 20
◦Menores 30: 30
◦ Oficiales: 150
Ayudantes: 300
◦ Cuadrillas piedra: 4
◦ Carpintería: 6
◦ Ornamentación: 2
Real estate
• Película Encanto.
• Slogan: "El pueblito más lindo de Colombia".
• Cada proyecto tiene su equipo promotor.
Facility service
3 equipos de mantenimiento de casas.

Figura 3. Infografía cadena de valor en el sector de la construcción con tierra en Barichara.

2.1. INVERSIONISTAS

Cerca de 4000 lotes están en oferta en los diferentes proyectos inmobiliarios activos. Esta cifra muestra el entusiasmo del sector inversionista que ve en Barichara un escenario propicio para el negocio inmobiliario. En varios de ellos, el elemento tierra es un factor diferencial. La presión inmobiliaria ha propiciado que la frontera urbana se expanda y que el uso del suelo rural cambie de vocación de agropecuaria a inmobiliaria.

2.2. PROYECTISTAS

Existen más de 20 ofertas profesionales que ofrecen servicios de diseño. Se pueden clasificar entre aquellos que llevan más de 10 años en operación y la nueva generación que atraida por el boom inmobiliario y de la construcción con tierra, se ha instalado en el territorio. Entre las oferta profesional de diseño con más de 10 años de servicio están: Ángela Jímenez, Ezequiel Alarcón, Jaime Higuera, Darley Bueno, Pedro Mojica, Andrés Rubio, Natalia Rey, Daniel Parra, Leandro Sánchez y Milton Chaparro quien actualmente es alcalde de Barichara.

Figura 4. Casa La Ilusión. Exterior e interior. Obra del arq. Andrés Rubio.
© Mateo Pérez.

En la nueva generación están los arquitectos jóvenes nacidos en Barichara y en pueblos aledaños que han crecido con la dinámica de la construcción con tierra como hecho cotidiano: César Salgar y Laura Angarita, Cristian Aparicio, Julián Galvis, Juan Diego Pérez. Finalmente están los arquitectos de otros lugares que por algún proyecto en particular se involucran con la tierra, bien sea instalándose en el territorio o sin hacerlo.

2.3. PROVEEDORES

Hay cuatro almacenes de materiales donde se encuentran todos los insumos para la construcción desde cemento y acero, hasta los más específicos relacionados con la construcción con tapia pisada como *cagajón*[3] de caballo para el *pañete*[4], *fiquetón*[5] para los amarres, caña brava para las cubiertas. Dos almacenes de puertas, ventanas y madera estructural proveniente de demoliciones de casas antiguas en toda la región. Quince *chircales*[6] que proveen tejas, pisos y otros materiales cerámicos. Cinco canteras de explotación de piedra para pisos,columnas, fuentes y cimientos. Una planta de producción de BTC y dos de pañete de cagajón de caballo listo para aplicar. Cuatro ofertas de tierra apta para tapia pisada.

3. Estiércol de equino.
4. Revestimiento.
5. Capa superior de la penca del fique que se utiliza para atar maderas.
6. Fábrica artesanal de tejas, pisos y cerámicos.

2.4. EJECUTORES

En Barichara la ejecución de obra tiene como eje al maestro tapiero y esto tiene su razón. Al comienzo del boom contemporáneo de la construcción con tapia pisada, los arquitectos descargaron la parte constructiva en el maestro quien tenía el conocimiento. Las soluciones técnicas, constructivas, estructurales y hasta financieras recayeron en la figura del maestro, de ahí que su figura es preponderante. Un censo reciente del colectivo de construcción con tierra en Barichara, realizado en el marco de un proyecto con el Ministerio de las Culturas permitió identificar a 347 personas que trabajan con tierra en sus diferentes oficios. De ellos, 106 se reconocieron como maestros, 85 como oficiales y 156 como ayudentes. Por diferentes motivos (desconfianza al censo, lejanía del sitio de obras, etc) se estima que el 30% no fue censado, por lo que se considera que el total del colectivo podría superar a las 500 personas. La figura 5 muestra diferentes escenas cotidianas de obra.

2.5 MARKETING Y VENTAS

Los proyectos inmobiliarios tienen sus estrategias publicitarias. Se resalta el fenómeno de posicionamiento de Barichara como lugar para vivir o para tener una segunda casa de arquitectura vernacular con la comodidad actual. El proceso de posicionamiento tiene varios momentos. Inició con la frase « Barichara, el pueblito más lindo de Colombia » que alguién acuñó y que se fue difundiendo desde finales de los años ochenta. Otro momento del posicionamiento se dio cuando el expresidente de Colombia Belisario Betancur optó por Bari-

Figura 5. Jornada cotidiana de tapia pisada en Barichara.
© Santiago Rivero.

chara como lugar de residencia para el último período de su vida. El expresidente Betancur hizo parte de la élite cultural de Colombia, y su llegada a inicios del año 2000 atrajo la atención de su círculo social. Consecuencia de ello, artistas como David Manzur (el pintor vivo más importante de Colombia) se instala en Barichara al igual que otros personajes del mundo cultural y artístico. Hacia el 2004 se inició el fenómeno del turismo, como consecuencia de una dinámica regional desde San Gil. En el 2021 el Covid 19 permite entender que se puede vivir, habitar y trabajar fuera de las grandes urbes. Lugares como Barichara con una aceptable conexión a internet y vías para conectar con la ciudad surgieron como opciones de vida. En el 2022 Disney estrena la película « Encanto ». En ella, la arquitectura del pueblo y la Casa Madrigal (de tapia pisada) se inspiran en Barichara. Incluso, en una parte de la película aparecen los tapiales, los tapieros y los muros de tapia pisada. Todo este conjunto de acciones dispersas, propiciadas por agentes diversos conducen a una promoción del lugar efectiva y algo caótica.

2.6 SERVICIO POSTVENTA Y MANTENIMIENTO

La formalidad del ejercicio de la construcción en Barichara ha llevado a que las firmas proyectistas y constructoras prevean el servicio postventa con un impacto a veces no tan positivo a la cultura constructiva. Muchos clientes exigen que sus casas de tapia se comporten como edificaciones de ladrillo y concreto, sin comprender las particularidades de los materiales orgánicos. Un ejemplo es la introducción del concreto reforzado en la cimentación para evitar la fisuración natural del acomodamiento del muro sobre la cimentación de piedra. Otra acción para disminuir el riesgo de atención postventa es revestir los muros con cemento. Así se logra un acabado más fino y mejora el comportamiento al impacto pero afecta la capacidad de transpirar que necesita el muro. El mantenimiento es ofrecido por cuatro actores locales que se han especializado en esta área.

3. ORIGEN DEL FENOMENO

Hacia 1983 comenzaron a instalarse en Barichara personas provenientes de diversos lugares de Colombia por seguridad (Barichara y sus alrededores estuvieron al margen de los factores de conflicto armado colombiano), por el clima (temperatura promedio 26 grados, clima semiseco árido y el cielo, la mayor parte del tiempo azul), por las tradiciones vivas (el aislamiento de Barichara por causa de la desconexión con la vía nacional Bogotá-Bucaramanga hizo que muchas tradiciones se mantuvieran intactas), por su arquitectura (el poco desarrollo urbano consecuencia del aislamiento provocó que el pueblo conservara de manera excepcional su arquitectura). Como en Barichara no había mayor expectativa de desarrollo, no hubo presión inmobiliaria para demoler tapias y construir con ladrillo como ocurrió en otros pueblos. Los tapieros que construyeron las últimas casas en los años sesenta, para la década de los ochenta, se dedicaban a mantenimientos y construcciones rurales. Luego, se dio un fenómeno especial : Barichara despertó el interés de personas con un perfil especial : sensibles al arte, la cultura y las tradiciones. Para el momento, la expectativa de la población local era irse a la Costa Caribe donde el monopolio de las tiendas de barrio en los pueblos está en manos de santandereanos. Salir de Barichara e instalarse en la costa era sinónimo de progreso, de esperanza, de hacer dinero. Por eso, cuando los foráneos comenzaron a interesarse por comprar una casa antigua o un lote, los nativos del pueblo vieron en ello la oportunidad para lograr el sueño de salir de Barichara. El punto de inflexión en el fenómeno de Barichara se dio en el hecho de que los foráneos al comprar la casa antigua de tapia o al comprar el lote, no pensaron en ladrillo y cemento pero si en la tapia pisada. Cuando los foráneos comenzaron a preguntar si había alguien que acondicionara las antiguas casonas de tapia o si había alguien que las pudiera construir, comenzaron a aparecer los maestros de promedio de 50 años que conservaron el oficio durante los años de aislamiento. Si el foráneo hubiese comprado las casonas para demolerlas y construir viviendas nuevas de ladrillo y cemento, la historia de Barichara sería muy distinta. Esa fue la suerte de Barichara.

4. CULTURA CONSTRUCTIVA Y EL MARCO LEGAL DE LA CONSTRUCCIÓN EN COLOMBIA

4.1 PATRIMONIO Y CONSTRUCCIÓN. EL ENCUENTRO DE SUS MARCOS LEGALES

La ley 400 de 1997 genera el marco legal para la construcción en Colombia que se denomina Norma Sismo-Resistente – NSR. La NSR puede modificarse y actualizarse mediante revisión de un ente especializado creado por la Ley 400 de 1997 para facilitar la adaptación del reglamento en el tiempo, bien sea por modificaciones, ajustes o inclusión de nuevos materiales y sistemas constructivos, sin tener que pasar por una revisión y aprobación del Congreso. Esto indica que en Colombia, la construcción en cuanto a sismo-resistencia (la variable prioritaria de diseño estructural) está vinculada a una ley de la nación. Desde su entrada en rigor, la NSR no ha contemplado a la tierra como material ni a sus sistemas constructivos como alternativas para construir vivienda nueva. En el 2021, el ente especializado aprueba la inclusión en la NSR de un complemento dedicado específicamente a intervención estructural de edificaciones patrimoniales de adobe y tapia pisada. Es decir, pasaron 24 años para que se mencionara el tema de la construcción con tierra en el marco normativo colombiano así fuera para intervención de antiguas edificaciones sin considerar la alternativa de vivienda nueva. Por otra parte, la Ley 397 de 1997 – Ley de Cultura – crea el Ministerio de Cultura y a partir de ahí se deriva toda la estructura legal para la conservación y preservación del Patrimonio Cultural Colombiano. En el año 2008 se crea la Ley 1185 – Ley de Patrimonio Cultural – que determina específicamente los lineamientos de inter-

vención de inmuebles patrimoniales y las directrices para la preservación de las manifestaciones del Patrimonio Cultural Inmaterial como los oficios. Como se aprecia, la estructura legal vigente en Colombia tanto en la parte constructiva como en la parte Patrimonial se desarrollan simultáneamente (1997) y tienen menos de 30 años. La dinámica constructiva alrededor de la tapia pisada se da en Barichara una década antes de la configuración del marco legal vigente. Como la construcción con tapia pisada no estaba en curriculum académico de las universidades, el conocimiento a nivel de material, desempeño estructural y otros temas relacionados recayó en el bagaje empírico del maestro de obra. Por esta razón, la figura del maestro es tan importante. Cuando entran en acción los marcos normativos, se llevaban 10 años de una interacción mano de obra local, profesional y clientes foráneos con unas relaciones y dinámicas establecidas de manera espontánea. En el año 1994 el arquitecto Alberto Saldarriaga elabora un documento encargado por Colcultura (entidad que antecede al Ministerio de Cultura 1997) para plantear directrices de desarrollo urbano en Barichara con una visión patrimonial. Desde 1997, en Barichara se presenta un pulso de fuerzas entre el marco legal constructivo que no contempla a la tierra como material y el marco legal patrimonial que busca la preservación de la arquitectura y los oficios. Es una batalla que ha ido ganando la visión patrimonial. Desde 1997 son muchas las casas de tapia pisada que se han construido por fuera del marco legal de la construcción, es decir, sin acoger la NSR10. Viviendas nuevas de tapia han recibido licencias de construcción y aprobaciones en el Ministerio de las Culturas sin cumplir con la norma. La estabilidad estructural se delegó a la experticia del tapiero que representa una tradición ancestral de más de 300 años en la zona y más de 5000 años en el mundo. Ni foráneos y menos nativos, ponen en duda que los muros de tapia pisada de 50 cms de espesor, levantados con la tierra del lugar, sirven para casas de tapia de uno y dos pisos.

4.2. OTROS HITOS NORMATIVOS

- 2015 entra en rigor el Plan Especial de Manejo y Protección - PEMP - de Barichara ; un documento proveniente del Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes para regir el desarrollo urbano y arquitectónico del Centro histórico. Con el PEMP los proyectos arquitectónicos pasan a revisión de la Dirección de Patrimonio y Memoria del Ministerio en Bogotá donde la exigencia del cumplimiento normativo es mayor. Consecuencia de ello y solo por cumplir la NSR10, comienzan a aparecer híbridos de sistemas aporticados de concreto con llenos de muros de tapia pisada. (Fig. 6)

Figura 6. Pórticos de concreto con llenos de tapia pisada.
© Santiago Rivero.

- 2021 la NSR10 integra el documento AIS-610 EP-17 para Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada, con sistemas alternativos al concreto. En la investigación que condujo a este documento, participaron tapieros de Barichara y la región. El documento AIS-610-EP-17 recibió el Premio Nacional de Ingeniería – Diodoro Sánchez – como la más destacada producción académica y publicación de ingeniería del 2020

- La Ley 2019 de 2021- la Ley de Vivienda y Habitat, define y establece el enfoque diferencial de la vivienda de interés cultural VIC, así: "se caracterizará por estar totalmente arraigada e imbricada en su territorio y su clima; su diseño, construcción, financiación y criterios normativos obedecen a costumbres, tradiciones, estilos de vida, materiales y técnicas constructivas y productivas, así como a mano de obra locales". Faltan los decretos reglamentarios que harían operativa la ley.

- En el 2021 el Consejo Nacional de Patrimonio Cultural de Colombia avaló la inclusión en la lista Representativa de Patrimonio Cultural Inmaterial a la tapia pisada de Barichara.

- La Ley 2184 de 2022 – Ley de Saberes y Oficios – por medio de la cual se dictan normas encaminadas a fomentar, promover la sostenibilidad, la valoración y la transmisión de los saberes de los oficios artísticos, de las industrias creativas y culturales, artesanales y del patrimonio cultural en Colombia. Con esta ley se desarrollarán procesos de formación, reconocimiento y transmisión de oficios del patrimonio.

5. DESAFIOS, AFECTACIONES

- El cambio en el uso de suelo en el sector rural representa un desafío. Muchos predios rurales antes destinados a la agricultura, ahora hacen parte de la oferta inmobiliaria.

- Los jóvenes rurales se están dedicando más a la construcción que a la agricultura, pues en la tapia pisada ven una opción clara de tener un proyecto de vida con buena remuneración. Un joven agricultor siempre será un jornalero si no tiene tierra para cultivar. Un joven constructor en 5 o 6 años puede llegar a ser maestro tapiero con buenos ingresos, incluso como para comprar tierra para sembrar o para vender a foráneos.

- La promoción de los jóvenes en el proceso de aprendizaje en obra se realiza cada vez en períodos más cortos. Presionados por la dinámica inmobiliaria y en el afán de mejorar sus

Figura 7. Afectaciones en cultura constructiva.
© Santiago Rivero.

ingresos, los jóvenes van escalando en los roles sin conocer muchos de los detalles constructivos, sin apropiar la tradición y sin comprender fenómenos. Consecuencia de ello, ya se evidencian perversiones en la cultura constructiva. (Fig. 7)

- Sin marco normativo tampoco hay préstamos ni subsidios para vivienda rural y urbanos. El sistema financiero y jurídico hace complejo el apalancamiento financiero para construir una casa de tapia pisada. Por esto, se crea el imaginario que la tapia pisada es para gente adinerada.

- En el campo, las familias dejaron de construir con tierra puesto que el sistema asistencialista del Estado para el mejoramiento de vivienda rural llega con ladrillo, cemento, acero, arena y tejas industriales. Las soluciones estatales que son subsidiadas y financiadas no consideran ni la cultura ni el contexto ambiental del lugar. Para los campesinos, recibir un mejoramiento de vivienda rural en ladrillo y cemento es de las pocas formas que tienen para recibir un beneficio del Estado.

- Antes de la entrada en rigor del PEMP, las construcciones eran más auténticas, El PEMP ha favorecido mucho el orden y la protección pero ha sido la puerta de entrada de soluciones técnicas y estructurales que cumplen la NSR10 pero afectan los valores patrimoniales de la cultura constructiva y que además no se ha comprobado su efectividad estructural en caso de sismo.

- Los propietarios de las viviendas nuevas de tapia pisada no pasan por un proceso de sensibilización y conocimiento del comportamiento de este tipo de construcciones y exigen que sus inmuebles se desempeñen como casas de ciudad con materiales industriales. Esta presión, sumada a que falta afianzamiento en la formación de las nuevas generaciones de tapieros favorecen la aparición de híbridos y soluciones no verificadas.

6. ABRIENDO CAMINO

- Santander en tierra. En el año 2022 se llevó a cabo la Bienal de Arquitectura Colombiana en Bucaramanga, capital del departamento de Santander, donde se encuentra Barichara. El anfitrión del evento fue la Sociedad Colombiana de Arquitectos Regional Santander. Las directivas de dicha entidad idenfica en la construcción con tierra y sobre todo en la tapia pisada, el factor diferencial de la arquitectura de Santander frente a todo el territorio colombiano. A partir de esto se montó la exposición *Santander en tierra* con proyectos significativos contemporáneos, se elaboró una instalación monumental de bahareque y tapia pisada para representar la fuerza de la cultura constructiva en el territorio y se realizaron actividades de sensibilización. En la versión de esta Bienal de Arquitectura Colombiana, el Edificio de Aulas de la Universidad Industrial de Santander – sede *Socorro* obtuvo una mención en la categoría de mejor diseño arquitectónico. El edificio es una estructura mixta de concreto, metal, cubierta en madera con muros de tapia pisada y BTC en sus cuatro niveles, dentro de un lenguaje contemporáneo que evoca a un *caney* gigante de secar tabaco. En esta misma bienal, el proyecto *Vista Uchata* del arquitecto Andrés Rubio recibió una mención en la categoría de intervención de Patrimonio. *Santander en tierra* derivó en un colectivo de trabajo del mismo nombre que ha llevado la exposición, actividades de sensibilización y apropiación a Bioexpo2023, 21Siacot 2023. En la figura 8 se aprecia el montaje de tapia pisada y bahareque diseñado y construido por los arquitectos Laura Angarita y César Salgar – Arkterra.

- En este momento está en revisión el proceso del Reconocimiento de la Tapia Pisada como Patrimonio Inmaterial de Colombia, proceso desarrollado desde Barichara ante el Ministerio de las Culturas, Artes y Saberes.

Figura 8. Pabellón Santander en tierra. Bienal de Arquitectura Colombiana 2022.
© Arkterra.

- Proceso de investigación de doctorado de la Universidad de los Andes con recursos del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación para los primeros pasos de un planteamiento estructural de vivienda nueva rural en tapia pisada.

- De la tierra – Casa Taller acaba de obtener un recurso del Ministerio de las Culturas, las Artes y los Saberes para adelantar un proyecto piloto de afianzamiento de saberes en el colectivo técnico de la tapia pisada tomando como espacio pedagógico la obra misma.

CONCLUSIONES

En Barichara, el concepto de « cadena de valor de la construcción » aplicado a la dinámica relacionada con la tapia pisada muestra que todos sus eslabones están activos. Esto representa un caso muy particular en lo que se refiere a la construcción con tierra en el mundo. Una aproximación solamente económica del fenómeno permite determinar el rol fundamental de la oferta y la demanda en la consolidación de la cadena de valor. El establecimiento de relaciones económicas entre los diferentes actores de la cadena de valor derivan en relaciones de confianza y en un entramado social que da soporte al mercado inmobiliario. Todo este escenario permite plantear la hipótesis de que la seguridad, las calles limpias, la pulcritud, orden y sentido armonioso a nivel urbano y arquitectónico de Barichara se sustentan en buena medida en el fenómeno de mercado inmobiliario que se relaciona directamente con el turismo. Así mismo, el turismo como actividad económica, encuentra en la construcción con tapia pisada un factor que fortalece la competividad del territorio y lo expone como un elemento diferenciador. A veces se menciona el tema de la gentrificación en Barichara como consecuencia del turismo. Considero que la aproximación al análisis del fenómeno no es tan sencilla como señalar que la población local ha vendido sus casas y lotes a foráneos que los han desplazado. Esa interrelación espóntanea y orgánica entre el turismo y el mercado inmobiliario ha motivado la generación de nuevos núcleos familares jóvenes integrados por locales. La población de origen local que vive en Barichara ha aumentado como consecuencia de que los jóvenes aprecian que entre la construcción y el turismo es posible desarrollar un proyecto de vida. Claramente hay impactos, necesidades, desafíos y desaciertos que han sido señalados en este artículo. No se trata de romantizar ni banalizar una dinámica socio-económica que impacta en lo cultural. Barichara permite entrever que es posible pensar, hablar y hacer en la intersección entre el turismo y el patrimonio cultural.

Quedan a futuro tareas para aplicar en Barichara y que dependen de actores del orden nacional :

- Formación técnica acorde a la dinámica social del colectivo de la construcción,

- Inclusión de construcción con tierra en los programas de pregrado de arquitectura e ingeniería,

- Avance en el marco normativo para vivienda nueva de tapia pisada para que subsidios y préstamos lleguen a toda la población.

Barichara como fenómeno socio-económico alrededor de la tapia pisada verdaderamente permite entrever muchas variables, factores, actores y elementos de forma activa, dentro de un proceso de implementación de la construcción con tierra en lugares con similares condiciones. Barichara permite tener una aproximación real al verdadero impacto de la implementación de la cultura constructiva, en este caso la tapia pisada, en el desarrollo sostenible de una comunidad.

BIBLIOGRAFIA

Camacol (2019). *Catálogo de cualificaciones en el sector de la construcción*, p. 219-222

León Cancino A. (2015). *Barichara en la historia*. SIC Editorial. Bucaramanga

Asociación De Ingeniería Sísmica – AIS – (2021) Documento AIS610-EP-17, Sociedad Colombiana de Arquitectos – SCA (2022). *XXVIII Bienal de Arquitectura Colombiana*. Bucaramanga.

Reglamento Colombiano de construcción sismo-resistentes, Ley 400 de 1997

Ley de Cultura, Ley 397 de 1997

Ley de Patrimonio Cultural, Ley 1185 de 2008

Ley de Vivienda y Hábitat, Ley 2019 de 2021

Ley de Oficios y Saberes, Ley 2184 de 2022

Houben, H. et Guillaud, H. (1989). *Traité de construction en terre,* Parenthèses, Marseille.

NOTA BIOGRÁFICA DEL AUTOR

Santiago RIVERO BOLAÑOS, Ingeniero civil (1999). DPEA Arquitectura de tierra CRATerre EAG 2002-2004. Aprendió el oficio de la tapia pisada de los maestros tapieros. Consultor y ejecutor de proyectos de intervención de patrimonio y nuevas construcciones con tierra. Ha participado en las investigaciones sobre comportamiento sísmico y reforzamiento de construcciones de adobe y tapia pisada. Creador de De la tierra Casa Taller en Barichara, un espacio de experiencias de turismo creativo con la tierra.

Chantier patrimoine des étudiants du DSA Terre, Montceau, France, 2023 © S. Moriset

THEME 3

FORMATION

TRAINING

FORMACIÓN

DSA ARCHITECTURES DE TERRE, CULTURES CONSTRUCTIVES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE, 40 ANNÉES D'ÉVOLUTIONS / ADAPTATIONS.

Thierry JOFFROY, Equipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (thierry.joffroy@grenoble.archi.fr)
Halimatou MAMA AWAL, Equipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (mamaawal.h@gmail.com)
Bakonirina RAKOTOMAMONJY, Equipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (bakonirina.rakotomamonjy@grenoble.archi.fr)
Marina TRAPPENIERS, Equipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (m.trappeniers@craterre.org)

RÉSUMÉ

Le DSA Architecture de terre existe depuis 1984, alors couronné par un Certificat d'Études Approfondies en architecture (CEAA). Il fut retenu suite à un appel à candidature lancé par le Ministère de la Culture pour des formations spécialisées, et ce grâce au potentiel présenté de valorisation de l'accumulation et de l'organisation de connaissances résultant de quinze années de recherche de l'équipe CRAterre complétées par les retours de premières expérimentations menées avec succès, notamment à Mayotte ou encore au Burkina Faso. À ses débuts, la formation a un caractère très technique en correspondance avec les tendances de l'époque, insufflées par le mouvement de la contreculture et l'émergence du concept de « technologie appropriée ». Il s'agissait de former pour être capable de « construire » avec ce matériau aux propriétés physiques particulières, car il présentait un fort potentiel écologique. Cette spécificité a perduré jusqu'à aujourd'hui, mais elle a régulièrement évolué en prenant en compte les résultats des recherches menées de par le monde et plus spécifiquement les projets de recherche-action portés par l'équipe. Des collaborations pour certaines actions, notamment celles incluant des volets de formations menées avec d'autres institutions, comme l'ICCROM, l'UNESCO, UN-Habitat, et des ONGs telles que Misereor et la Fondation Abbé Pierre ont aussi inspiré à la fois le programme et ses contenus. Cela a amené à des évolutions substantielles avec entre autres l'inclusion de modules portant sur les questions de méthodologie et de gestion de projets qui permettent de répondre de façon effective à la grande question globale actuelle et à ses déclinaisons locales d'« Habiter la Terre de manière respectueuse », et qui soient à la fois inclusives, écologiques et respectueuses de la diversité culturelle.

INTRODUCTION

Le DSA Architecture de terre, cultures constructives et développement durable trouve ses origines en 1983 quand les Unités Pédagogiques d'Architecture françaises sont invitées à faire des propositions pour la mise en place de formations spécialisées, post diplôme, délivrant un Certificat d'Études Approfondies en Architecture (CEAA). Forte de ses recherches menées depuis une quinzaine d'années à partir de l'observation du patrimoine en pisé de la Région Rhône-Alpes, formalisées en 1979 avec la création de CRAterre (association), mais aussi forte du lancement du projet de *Village Terre* à Villefontaine et du succès rencontré dans son action menée avec la Société Immobilière de Mayotte qui visait la mise en place d'une filière terre pour la construction de logements sociaux et locatifs, mais aussi de bâtiments publics, l'équipe alors naissante à l'ENSAG est retenue.

Dès sa première session, la formation rencontre un véritable succès avec une bonne participation (17), des profils variés (architectes, ingénieurs, autres) et une forte représentation internationale (65 %). Le format de la formation sur deux années, avec concentration des cours (et donc de la présence

des étudiants à Grenoble) la première année, sera confirmé par la suite avec un rythme qui sera aussi stabilisé avec une nouvelle promotion tous les deux ans. Depuis 40 ans, le succès de cette formation postmaster n'a jamais faibli, nécessitant un processus de sélection assez fort (en moyenne, un dossier sur quatre retenu). Cela est probablement dû à la permanence d'une identité forte : l'importance donnée à la pratique et au chantier. Mais, au-delà des changements d'appellation (CEAA puis DPEA à partir de 1998 puis DSA depuis 2006), cette formation a connu un renouvellement constant, nourri par la veille technologique et inspiré par les résultats des projets de recherche-action menés par les enseignants sur des terrains variés (France et international). Il a été et est toujours le fruit du renouvellement au sein de l'équipe CRAterre et des nombreuses collaborations institutionnelles qu'elle a établies pour la réalisation de projets de recherche ou de formation.

1. LES PREMIÈRES SESSIONS

Le premier dossier d'habilitation[1] de la formation propose de « *former des spécialistes qui seront capables de maîtriser le matériau terre et ses potentialités architecturales* », objectif visant plus particulièrement « *la production d'un habitat économique destiné au logement des populations à faibles revenus dans les pays en développement* ». Dans cette perspective, quatre niveaux de compétences sont visés :

- *compétence en matière de production (de matériaux) ;*
- *compétence en matière de conception de projets (cohérence matériau, structure et forme) ;*
- *compétence en matière de réalisation (encadrement et suivi de chantier, formation) ;*
- *compétence en matière de décision (identification des besoins, études de faisabilité et proposition de solutions adaptées aux situations locales).*

Pour cela, la formation est organisée en deux parties principales : des cours théoriques et pratiques (année 1), suivis d'une période de stage et la rédaction d'un mémoire (année 2) sur un sujet devant être défini en accord avec l'équipe pédagogique avec l'idée « *d'aborder une thématique originale ou novatrice ou développer des thèmes insuffisamment exploités jusqu'alors.* »

Pour la première partie, le fil conducteur est le *Earth Construction Primer* qui sera publié quelques années plus tard sous l'intitulé de *Traité de la construction en terre* par les éditions Parenthèses[2]. De fait, le propos est alors essentiellement technique, caractéristique qui est renforcée par la forte proportion de cours pratiques proposés, y compris avec l'apport d'intervenants externes. Outre la place importante consacrée à l'identification et la convenance des sols (Fig. 1) des sols, la production

Figure 1. Cours d'identification des terres, sédimentométrie.
© CRAterre, T. Joffroy, 1988.

Figure 2. Exercice de production de Blocs de terre comprimée.
© CRAterre, T. Joffroy, 1990.

Figure 3. Prototype de construction avec voutes et coupoles, ici conçu et réalisé en préparation du chantier de construction du « Village » près de Cavaillon.
© CRAterre, T. Joffroy, 1994.

1. Dossier de demande d'habilitation du CEAA Architecture de terre : matériau et construction de décembre 1983, préparé par Hugo Houben, ingénieur, avec Patrice Doat et Hubert Guillaud, architectes, Michel Dayre, ingénieur et Dr en mécanique des sols et Françoise Du Boisberanger, psychologue.
2. HOUBEN, Hugo, GUILLAUD, Hubert, 1984.

et construction en blocs de terre comprimée (BTC) et les arcs, voutes et coupoles (AVC) sont deux thématiques majeures de ces cours pratiques (Fig.2 et 3), la première du fait de la vague d'intérêt pour ce matériau à l'époque, la deuxième du fait de son aspect emblématique de « *ce que l'on peut faire d'extraordinaire avec la terre* » et du caractère fort inspirant des travaux de Hassan Fathy[3] en Égypte. Les compétences « conception » et « décision » aussi visées sont apportées essentiellement par la présentation d'études de cas de projets récents ou en cours de réalisation, dont plusieurs sont présentés par des intervenants invités. Leur *acquisitio* se fait alors plutôt dans le cadre de la préparation du mémoire.

Bien qu'ayant été un point de départ important des travaux qui ont mené à la création de CRAterre, la question de patrimoine est peu abordée, à l'exception de sa dimension pédagogique, comme source d'inspiration, valorisée lors de visites sur le terrain. Le site de construction du Village Terre qui porte sur 64 logements et implique de nombreux acteurs différents est aussi un support pédagogique particulièrement intéressant à cette époque.

Figure 4. Maison 24 h, construite sur le campus de l'Université de Grenoble lors de la deuxième session du CEAA.
© CRAterre, P. Bolle, 1986.

Une réalisation assez emblématique de cette première période est la construction de la maison 24 h sur le campus de Grenoble (Fig. 4) qui impliquera de nombreux étudiants du CEAA dont certains occupent aujourd'hui une place importante dans le paysage mondial de l'architecture de terre[4].

Lorsque Pascal Odul prend la responsabilité de la coordination pédagogique de CEAA en 1987, son activité à mi-temps sur le terrain (missions d'expertise et projets de recherche-action) sera fortement mise en valeur dans l'enseignement. Ces allers –retours créatifs entre actions sur le terrain d'une part, et enseignement et recherche d'autre part, sont restés une des pratiques fortes qui constitue toujours l'identité de l'équipe d'enseignement.

3. Hassan FATHY, 1979

4. Entre autres : Serge Maïni, Directeur du Auroville Building Centre en Inde, Dario Angulo, Directeur de Tierratec en Colombie, Thierry Joffroy, actuel Directeur scientifique de l'UR-AE&CC à l'ENSAG.

La compétence conception de projet (au sens large, c'est-à-dire non seulement projet architectural, mais projet de développement) sera aussi progressivement renforcée avec un exercice mêlant conception et mise en pratique, avec réalisation de prototypes. Dans les années 1980s, la technologie du Bloc de Terre Comprimée (BTC) était très en vogue, du fait du succès du projet à Mayotte, mais aussi, car elle répondait bien au concept de technologie intermédiaire. D'ailleurs CRAterre est à l'époque impliqué dans le réseau Basin, Building Advisory Service International Network, qui impliquait entre autres l'organisme anglais Intermediate Technology Development Group (ITDG)[5].

L'exercice portait sur la conception d'un bâtiment expérimental, la recherche d'une terre à bâtir, la production de BTCs (Fig. 5), et enfin la construction d'un module représentatif du système constructif proposé, permettant ainsi de passer à travers toutes les étapes d'un projet réel.

Figure 5. Construction d'un prototype de bâtiment en BTCs.
© CRAterre, T. Joffroy, 1990.

2. L'IMPORTANT IMPACT DE LA COLLABORATION AVEC L'ICCROM

Au milieu des années 80, CRAterre est sollicité par l'ICCROM[6] pour développer des connaissances ayant vocation à améliorer les pratiques de conservation et de gestion des nombreux patrimoines en terre existant de par le monde. Cette collaboration commença par de simples échanges d'intervention dans les formations respectives (à l'ICCROM, le cours dirigé par Alejandro A. Balderrama) qui débouchèrent en 1987 à la signature d'un accord pour la mise en œuvre du programme GAÏA. [7]

5. ITDG a été fondé par E. F. Schumacher, auteur du célèbre ouvrage « Small is Beautiful »

6. ICCROM, Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels, institution basée à Rome (Italie) créée à l'initiative de l'UNESCO en 1956.

7. Programme de collaboration entre l'ICCROM et CRAterre-EAG (ALVA, A. et al. 1990) nommé Gaïa en référence à la déesse de la terre en Grèce antique.

Entre autres activités, quatre cours internationaux d'une durée de deux à trois semaines furent organisés à Grenoble entre 1989 et 1994, (puis deux au Pérou, dans le cadre du programme Terra), qui impliquèrent une bonne partie de l'équipe de CRAterre, développant ainsi des capacités renforcées sur les questions de conservation du patrimoine culturel immobilier et aussi des questions de planification et de gestion. Ces activités engagèrent à trouver des sites d'étude pour la partie pratique des cours (Fig. 6) qui ramenèrent à s'intéresser au patrimoine en pisé de la région, origine de nombreux autres travaux de recherche puis de publications majeures[8].

Au-delà, cette collaboration avec l'ICCROM (puis de façon assez logique, avec l'UNESCO) fit mieux prendre conscience de l'importance du patrimoine architectural en terre au niveau global, y compris sa forte présence au sein de la Liste du Patrimoine Mondial. Cela permit aussi de mieux cerner les importants besoins de compétences pour assurer sa bonne conservation un peu partout dans le monde.

Figure 6. Restitution d'un travail de diagnostic d'un contexte patrimonial.
© CRAterre, D. Gandreau, 2001.

Quelques premières collaborations avec des équipes de conservation agissant sur le terrain (Abomey au Bénin, Tchoga Zanbil en Iran, Tchan Tchan au Pérou, Tombouctou au Mali) permirent aussi de confronter les concepts développés au sein du projet GAÏA aux réalités du terrain. L'intérêt des approches préventives alors prônées par l'ICCROM correspondait bien à notre fondement sur les aspects économiques et écologiques de la construction[9]. Cette approche, bien illustrée par la devise « Compréhension maximale, Intervention minimale »[10] fut donc au centre de nos réflexions de mise en application d'actions de conservation sur le terrain. Cela permit à l'équipe pédagogique de mesurer les possibilités et limites de son application et d'en tirer des leçons qui allaient pouvoir être valorisées dans des publications et programmes de formation.

Ces collaborations sur le terrain amenèrent aussi à mieux mesurer l'importance de la bonne conservation des patrimoines plus généralement sur la considération par les populations locales et d'identifier des possibles en matière d'impact des projets de conservation des « monuments » sur les pratiques au niveau de l'habitat : prévention, entretien, techniques de réparation et/ou d'amélioration. Au-delà, cela a mené l'équipe à graduellement (re) considérer l'importance de la bonne prise en compte des cultures constructives locales pour la production d'habitat qui, comme dit au début du chapitre 1, restait l'objectif premier de CRAterre.

Dès 1990, ces nouvelles connaissances furent utilisées pour la révision de certains cours du CEAA, avec en premier, l'adoption d'une méthode de diagnostic territorial qui sera graduellement perfectionnée, permettant d'approfondir les connaissances sur la relation (déjà préexistante) entre les possibles pathologies du bâti et la conception technique et architecturale adaptée au matériau. Un peu plus tard, cela déboucha sur l'inclusion d'un module d'introduction sur les cultures constructives de l'architecture de terre dans le monde, développé par Hubert Guillaud, puis à partir de 1996 l'introduction d'un module complémentaire d'une semaine sur la conservation du patrimoine. Ces premiers ajouts amenèrent à revisiter de façon plus drastique la structuration du CEAA, ce qui fut introduit au moment de l'élaboration du dossier d'habilitation de 1998 pour lequel le DSA deviendra DPEA, Diplôme propre aux écoles d'architecture.

3. APPROCHES « METIERS » ET « STRATEGIES »

Cette même année 1996, fortement inspirée par la « Stratégie mondiale du logement pour l'an 2000 » adoptée par les Nations Unies et mise en œuvre par ONU-Habitat, l'équipe d'encadrement fait évoluer le module « Conception » en module « Habitat économique ». Celui-ci met en avant l'importance de penser non seulement projet architectural, mais aussi projet de développement : avoir une vision à long terme et penser facilitation[11] plutôt que réaliser soi-même. Pour cela, il inclut un exercice portant sur une situation réelle, qui insiste sur la nécessité d'établir un bon diagnostic initial et promeut aussi l'adoption de processus itératifs permettant de le compléter grâce à l'expérience gagnée sur le terrain. En effet, l'intérêt de ce qui avait été imaginé lors du travail réflexif mené dans le cadre de projets d'ampleur sur le terrain (Afrique du Sud, Burkina Faso, Niger) avait bien confirmé l'importance d'adopter une réflexion d'ordre stratégique en complément d'une démarche technique, prenant bien en compte les retours des acteurs locaux et les pistes que les échanges avec eux ouvraient.

8. Entre autres : « Réhabiliter le pisé » et « Guide à l'attention des collectivités territoriales » (voir Bibliographie)

9. On parlerait aujourd'hui plutôt d'approche frugale.

10. Devise de Alejando Alva Balderrama. À noter qu'à cette époque l'ICCROM était très pro conservation préventive avec par exemple le programme PREMA (Prévention dans les musées en Afrique) mené en Afrique par Gaël de Guichen, auquel nous avons collaboré (Musée d'Abomey).

11. Facilitation, soit mettre en place des conditions favorables pour que les acteurs locaux puissent prendre en charge eux-mêmes la production de leur cadre bâti.

Dans le même temps, faisant face à des soucis de gestion, et en conséquence de bonne conservation d'un nombre important de biens inscrits à la Liste du patrimoine mondial, l'UNESCO pousse le Comité du patrimoine mondial[12] à imposer la préparation de plans de gestion (ou plans de gestion et de conservation) lors des nominations de sites par les États Parties. Cela sera fait en 1996, le plan de gestion devient un élément obligatoire de tout dossier de nomination d'un bien au Patrimoine mondial[13]. La mise en place de processus participatifs est aussi suggérée par le Centre du Patrimoine Mondial pour établir de tels plans, un principe déjà adopté pour la structuration des derniers cours sur la préservation du patrimoine architectural en terre, réalisés au Pérou[14].

Mieux sensibilisée à l'importance de ces questions de gestion et de planification, l'équipe du DSA décide de mettre en place une restructuration drastique de la formation du DPEA Architecture de Terre. Après une introduction portant sur une bonne connaissance de la diversité architectures de terre dans le monde[15], les bases scientifiques et techniques sont couvertes avec toujours l'idée de mettre à disposition des connaissances à toutes les étapes du cycle de vie (matière, matériau, construction, architecture, entretien, réutilisation, recyclage). Suite à cela, deux grands modules sont construits, l'un portant sur le patrimoine et sa conservation et l'autre sur l'habitat avec potentiellement deux supports possibles pour les étudiants : l'habitat très économique et l'architecture contemporaine. Point commun de ces deux modules, une réflexion qui ne soit pas que technique ou architecturale, mais qui inclue l'importance de se placer dans la durée qui propose une construction non seulement d'édifices, mais aussi de compétences (renforcement ou création) au niveau local pour les réaliser, nécessitant des réflexions en termes de planification court, moyen et long terme (processus itératif cité plus haut).

Avec la création en 1998 de la Chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » la sensibilité de l'équipe pédagogique à l'importance de la formation au niveau global va être renforcée. Cela n'aura pas d'impact direct sur la structuration de la formation, mais amènera à considérer de plus en plus les souhaits de certains participants de se préparer à mettre en place de l'enseignement dans leurs institutions d'origine. Cela se matérialisera déjà au niveau de la sélection des dossiers de candidature, mais aussi dans le processus de décision pour les thématiques et lieux de stage, et dans le choix des sujets de mémoire. De façon similaire, de plus en plus de mémoires sortent du canal historique plutôt technique et architectural pour aller vers des réflexions stratégiques de mise en place de centres techniques[16] avec plus tard, des réflexions sur l'usage de processus d'accompagnement, comme l'auto-réhabilitation assistée (ARA[17]) par exemple.

4. OUTILS ET MÉTHODES, DU DIAGNOSTIC À LA CONCRÉTISATION

Conformément à l'arrêté du 20 juillet 2005, l'enseignement en architecture doit être « une formation de troisième cycle répondant aux enjeux de la diversification et de l'évolution des pratiques et des compétences professionnelles ». Nous voilà donc confortés dans nos pratiques historiques, mais aussi poussés à aller encore plus loin. En effet, les étudiants de DSA proviennent de différents horizons et sont confrontés à des réalités multiples au retour dans leurs pays. La diversité de ces contextes d'applications des connaissances acquises impose donc une pédagogie qui outille le professionnel à apporter des réponses adaptées à chaque contexte spécifique.

Pour clarifier cet objectif et lui donner plus de lisibilité, le programme pédagogique du DSA a évolué en 2014 avec l'apparition d'un module intitulé « Conception et gestion de projet : méthodes et outils ». À l'issue de ce module, il est attendu que les étudiants soient capables de i) concevoir des projets de développement et de projet spatial, en réponse au contexte local (besoins et moyens) en prenant en compte les différents piliers du développement soutenable et ii) d'utiliser des outils et méthodes de conception de projets (Analyse SWOT[18], gestion participative, système Espace-Temps-Contexte ; analyse contextuelle de l'habitat ; cadre logique ; arbres des problèmes et des solutions ; le cycle de Projet, la spirale itérative).

Pour cela, l'expérience internationale des enseignants du DSA qui presque tous participent à des projets « sur le terrain » a permis de définir une méthode de projet dénommée « la spirale itérative », basée sur la réalisation successive (et le renouvellement de ce cycle) de 4 types d'activités complémentaires : 1. Étude et analyse de l'environnement ; 2. Conception et définition d'une stratégie de réponse ; 3. Mise en œuvre in situ ; et 4. Évaluation des résultats obtenus. Cette méthode itérative permet de construire une vision stratégique sur le long terme en tirant le meilleur parti des forces existantes localement. Elle engage un processus de changement progressif au sein des zones d'interventions permettant d'ancrer durablement

12.Le Comité du patrimoine mondial est l'organe de décision de toutes les questions relatives au patrimoine mondial. Il est composé de représentants de 21 pays adhérant à la Convention de 1972, et se réunit chaque année.

13. « Orientations devant guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial », 1997

14.Cours organisés dans le cadre du projet Terra, faisant suite au projet Gaïa qui, en plus du partenariat ICCROM-CRAterre, associait le Getty Conservation Institute.

15.Dans l'idée d'une acculturation de la pensée hégémonique (décolonisation) en matière de construction, de prendre de la distance avec les dictats des courants ou modes successifs en architecture et d'une meilleure prise en compte des expériences et savoirs locaux dans la réflexion architecturale.

16.Un exemple pour cela étant la création du CECTech au Nigéria dans les années 1990s.

17.ARA pour Auto Réhabilitation Assistée, voir Bibliographie, Aurélie Bazière.

18.SWOT: Strength Weaknesses, Opportunities and Threats. Cette méthode permet d'avoir une vision équilibrée d'un contexte donné et engage à la mise en perspective sur le long terme.

les évolutions. Le DSA ne donne pas aux étudiants des solutions génériques à appliquer systématiquement. Il met plutôt à disposition des méthodes et approches pour construire des réponses concrètes aux questions qui se posent localement et qui sont souvent très spécifiques (Fig. 7). De plus, la pédagogie établit une cohérence entre concepts, méthodes et objectifs.

Figure 7. Atelier de projet, à la fois d'architecture et de développement.
© CRAterre, T. Joffroy, 1999.

Ces méthodes, concepts, outils sont réinvestis dans de différentes situations pendant le cursus. C'est ainsi que lors de l'unité d'enseignement « Patrimoine », les étudiants sont amenés étudier une bâtisse patrimoniale en pisé dans la région et à proposer une stratégie d'intervention sur la base d'un diagnostic large (pathologies, processus de dégradations, méthode de gestion, filière artisanale existante, etc.) avec des composantes complémentaires. Ces dernières peuvent être diverses, allant de la mise en œuvre de travaux d'urgence, à des propositions de cadre de gestion en passant par la rénovation du bien. En position in situ pendant 3 semaines, les étudiants sont amenés à interagir avec les parties prenantes locales et à intégrer leurs préoccupations et souhaits dans leurs projections. Récemment, grâce à l'engagement fort de Sébastien Moriset, ce module a évolué en intégrant une semaine complète d'interventions sur le bâti lui-même, réalisé avec des acteurs locaux (Fig. 8).

Les enseignements du module « Outils » sont également appliqués lors de l'Unité d'enseignement « pratique et mise en application » qui se concrétise depuis 2002 en Festival International des architectures de terre (Grains d'Isère). Il s'agit pour les étudiants, sur la base d'une problématique étudiée (exemples : « habitat pour tous », « habiter léger pour la planète »), de concevoir et d'expérimenter une possible réponse. Selon Patrice Doat, « cette pédagogie offre l'occasion de développer des approches architecturales créatives avec des réponses exploratoires volontairement prospectives » (Doat 2020). Il s'agit également pour les étudiants de consolider les connaissances acquises et être capables de les confronter au public. Le concept d'un festival pluridisciplinaire avec la participation active du public est une approche qui permet de mieux sensibiliser à la conservation du patrimoine et aux techniques de construction alternatives (Doat 2020). Enfin, le festival propose des temps de rencontres avec des professionnels du bâtiment, des entreprises, artisans, artistes, chercheurs, etc. Cette approche souligne l'importance et la nécessité de la transversalité entre les champs disciplinaires et les métiers.

Figure 8. Exercice patrimoine, avec mise en œuvre effective de travaux de conservation préventive.
© CRAterre, S. Moriset, 2013.

5. DERNIÈRES ADAPTATIONS EN LIEN AVEC LES ENJEUX ACTUELS DE TRANSITION SOCIALE ET ÉCOLOGIQUE

Aujourd'hui, avec l'urgence climatique, il ne s'agit pas pour toutes et tous de contribuer à permettre des modes de vie de qualité et de façon inclusive, tout en préservant les ressources de la planète, notamment celles dont l'extraction, la transformation ou l'usage produisent des gaz à effet de serre. C'est à partir de son propre héritage et des enjeux contemporains que le DSA-Architecture de terre consolide son objectif général qui est celui de « Habiter la Terre de manière respectueuse », avec comme priorité la prise en considération de toutes les formes de vulnérabilités environnementales et sociétales permettant de mettre au cœur de la formation les enjeux de transitions écologiques et ainsi de contribuer à la co-construction des modes de vie renouvelés.

Grâce à un nouveau type d'apprentissage, qui combine les savoir-faire et les savoir-vivre de l'architecture de terre, le DSA-Terre, croise les problématiques mondiales qui associent les enjeux de la reconnaissance des patrimonialités des milieux vivants et les enjeux d'habiter respectueusement la Terre. Il s'agit pour les professionnels sortant de la formation d'être en capacité de mettre en place, dans leur pratique, une pensée collective du projet mobilisant des expertises partagées, avec des synergies habitantes, des compétences d'autres disciplines (ingénieurs, urbanistes, écologues, géologues, économistes, paysagistes, archéologues, etc.) dont l'objectif commun est de garantir la bonne gestion des ressources territoriales, ainsi que

la bonne habitabilité de la Planète. Les technicités de l'architecture de terre nous conduisent à penser la réversibilité, le recyclage, et même la possible destruction. C'est pour cette raison que les processus sont de fait, des processus de pensée circulaire. En effet, la construction en terre, et l'attitude de projet qu'elle induit, sont inscrites dans une économie circulaire ; à partir du moment où l'on construit en terre, on s'inscrit dans un territoire avec ses particularités, soit une territorialité spécifique, matérielle et mentale. Ainsi, les expériences de la construction en terre dans leur diversité permettent de penser radicalement autrement les processus de projet.

C'est ainsi que pour le nouveau programme du DSA (2024-2029), nous avons souhaité affirmer les contenus sur la nécessité de penser et de projeter les transitions futures : l'habitat et les établissements humains, les systèmes de production, la question du commun, les modes de gestion des ressources, la biodiversité des milieux vivants, la méthodologie de projets collectifs, etc. Pour ce faire, la création de l'unité transversale « L'atelier Projet : Cultures constructives pour le vivre ensemble » permet de faire des liens et de rendre opératoire les différents contenus de la formation par la réflexion projectuelle sous forme d'atelier puis ensuite de réaliser des expérimentations lors du Festival Grains d'Isère. En plus de cette approche pratique, nous associons l'objectif de former des professionnels à une posture réflexive en renforçant les séminaires d'approfondissement avec la contribution d'expériences de professionnels variés, et notamment des enseignants-chercheurs de divers horizons, suscitant pour certains étudiants d'orienter leurs stages ou l'écriture de mémoire avec des perspectives de recherche-action mieux formalisées.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le lancement du CEAA architecture de terre avait été pensé comme une véritable révolution à la fois dans les contenus et les méthodes pédagogiques proposées. Cela l'avait immédiatement rendu très attractif pour tous les étudiants désireux de faire de l'architecture autrement. Et depuis quarante années désormais, le succès de cette formation ne faibli pas. Pourtant les enjeux locaux et globaux ont bien changé, quoique, dans les faits, peut-être pas tant que cela, en tout cas ceux qui avaient été définis à l'époque par l'équipe porteuse de cette formation. Ce qui est probablement plus vrai aujourd'hui, c'est que ces enjeux tels qu'ils avaient été pris en compte dès la fin des années 1970s par seulement quelques experts sont aujourd'hui mieux partagés. Les rapports du GIEC et les réels changements climatiques et leur impact ont eu leur effet sur cette prise de conscience plus large. Le DSA Architecture de terre d'aujourd'hui tente de répondre à cette nouveauté, la demande d'un véritable changement d'échelle, avec des enseignements qui ont été adaptés.

Ceci dit, tout en gardant sa caractéristique fondamentale de former à « construire en terre », le DSA a considérablement évolué depuis ses débuts, non seulement en intégrant les nouvelles connaissances accumulées grâce à une veille technologique constante (importance du centre de documentation de l'équipe CRAterre), mais aussi en prenant de plus en plus en compte des aspects devenus eux aussi fondamentaux, de fortes adaptations aux contextes locaux (prise en compte de la culture constructive locale) et de la nécessité d'adopter des démarches stratégiques. Ces dernières ne sont pas toujours bien comprises au premier abord, mais sont tellement utiles, dès lors que les ambitions des projets grandissent.

Aujourd'hui on ne peut plus se satisfaire de construire en terre (et autres ressources locales d'ailleurs), il faut s'organiser et aider les sociétés à s'organiser pour le faire à grande échelle pour répondre de façons efficaces et contextualisées aux enjeux de la transition sociale et écologique. Le DSA a évolué, mais devra encore le faire pour toujours répondre à l'ampleur des enjeux avec, outre un continuel effort de prendre en compte les retours d'expérience sur le terrain et notamment un renforcement de la prise en compte de ces dimensions stratégiques et d'inscription dans l'histoire des lieux, des efforts supplémentaires à donner à la préparation de parcours académiques (préparation au doctorat, directions de recherche,…), et pour la formation de formateurs, au-delà des quelques travaux personnels (mémoires) qui ont porté sur cette question.

BIBLIOGRAPHIE

Alva, A., Doat, P., Guillaud, H., Houben, H., Joffroy, T. et al.. CRA-Terre-EAG (1990)., *ICCROM long-term plan for the preservation of the earthen architectural heritage: the gaia project*. 6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture, ICOMOS; The Getty Conservation Institute; Museum of New Mexico State Monuments; ICCROM; CRATerre-EAG; National Park Service, Southwest Region, Oct 1990, Las Cruces, New Mexico, United States. pp.461-468. hal-04594488

Bazière A. (2022). *Le potentiel de la démarche ARA - Auto-Réhabilitation Accompagnée - pour la valorisation d'un patrimoine remarquable : Les maisons à colombages en Alsace*. Mémoire de DSA-Architecture de terre, ENSA Grenoble.

Doat, P., « Du génie collectif à l'œuvre ». In: Bardagot, A-M. (2020). *Les Grands Ateliers - Un lieu unique de formation, d'expérimentation et de recherche en architecture*, Edition PU Saint-Etienne, Saint Etienne. ISBN : 978-2-86272-729-5

Doat, P., Ferro, S., Schneegans, G., Verdillon, C. (DIR.), et al. (1993). *Architecture & Cultures Constructives. Éléments pour un pôle d'enseignement de la construction*. Paris : CRATerre-EAG.

Fathy, H. (1979). *Construire avec le peuple*, Ed. Sinbad, ISBN-10 : 2727400454

Guillaud, H. (dir.) (2012). *TERRA Education 2010, Proceedings of the seminar-workshop. Summary of works,* éd. CRAterre-ENSAG, 57 p.

Houben, H., Guillaud, H. (1984). *Earth construction primer*. Vol. 8. International colloquium on earth construction technologies appropriate to developing countries. Bruxelles : CRATerre/ PGC/ CRA/ UNCHS/ AGCD. 361 p.

Houben, H. et Guillaud, H. (1989). *Traité de construction en terre*, Parenthèses, Marseille, , ISBN : 978-2863641613

Joffroy, T. (dir), Rakotomamonjy, B. (dir), Studer, D., Robert, E., Paccoud, G., Gandreau, D. (2018). *Guide à destination des collectivités territoriales pour la réhabilitation et la valorisation du bâti en pisé*. Villefontaine : CRAterre. 2018. ISBN 979-10-96446-07-0

Moriset, S. (dir), Joffroy, T. (dir), Beguin, M., Guillaud, H., Misse, A., Pointet, M. (2018) *Réhabiliter le pisé : vers des pratiques adaptées*. Actes Sud. 264 p. Coll. Beaux Arts. 2018, ISBN 978-2-330-09258-0.

Ogunsusi, V., Kolawole, P., Guillaud, H., Joffroy, T., (1994). *Centre for Earth Construction Technology, CECTech.* Jos,. ED. Ministry of Foreign Affairs, Section for Development and Scientific, Technical and Educative Cooperation Cultural, Scientific and Cooperation.

Schumacher E. F. (1973). *Small is Beautiful: Economics as if People Mattered*, Perenial Library /Harper & Row, Publishers. ISBN 10 : 0060803525

Dossiers de d'habilitation du CEAA Architecture de terre de 1983, 1986, 1992 et 1996

Dossiers d'habilitation du CEAA Architecture de terre de 2001 et 2006,

Dossiers d'habilitation du DSA Architecture de terre, Cultures constructives et développement durable de 2011, 2016 et 2021.

-, Orientations devant guider la mise en œuvre de la Convention du patrimoine mondial, UNESCO-CPM, 1997

-, Stratégie mondiale du logement pour l'an 2000, Nations Unies, 1988

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Thierry Joffroy est chercheur à l'ENSAG, affecté à l'équipe CRAterre de l'UR AE&CC de l'ENSAG. Dès l'obtention de son diplôme d'architecte en 1984, il suit la première session du CEAA Architecture de terre. Par la suite il participera aux enseignements puis, ayant obtenu un poste de chercheur, deviendra coordinateur pédagogique puis, à partir de 2015, co-directeur scientifique de cette formation. Ayant obtenu en 2018 son Habilitation à la Direction de Recherches, il encadre des doctorants dans la discipline de l'architecture.

Halimatou Mama Awal, est architecte, diplômée de l'ENSAG, Docteure en Architecture. Actuellement, elle est Maître de Conférences dans la discipline Histoire et Culture Architecturale et coordinatrice de la formation DSA « Architecture de terre » à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, chercheure permanente de l'équipe CRAterre de l'UR AE&CC de l'ENSAG, et chercheure associée à l'UMR PASSAGES (ENSAP Bordeaux).

Bakonirina Rakotomamonjy est architecte, enseignante à l'ENSAG et chercheuse rattachée à l'équipe CRAterre de l'UR AE&CC de l'ENSAG. Elle est diplômée du DPEA Architecture de terre en 2004. Elle a été coordinatrice pédagogique de la formation de 2009 à 2019. Engagée depuis de nombreuses années dans des programmes de conservation de biens du patrimoine mondial, elle est membre du Bureau de ICOMOS-ISCEAH.

Marina Trappeniers est ingénieur-architecte. Elle a rejoint l'équipe de CRAterre en 1987 pour y assumer la responsabilité de coordinatrice pédagogique, du CEAA Architecture de terre, puis DPEA terre, puis du DSA terre, mais aussi de nombreuses autres initiatives de formation de l'équipe (cours professionnels, notamment), ou encore ceux menées en partenariat avec l'ICCROM (cours PAT) et d'autres organismes demandeurs de formations spécifiques.

TIERRA EN PROGRAMAS EDUCATIVOS DE ENSEÑANZA SUPERIOR EN CHILE, APORTES A LA SOSTENIBILIDAD Y ESCALABILIDAD DEL USO DEL MATERIAL.

Carmen GÓMEZ MAESTRO, Fundación Instituto Profesional Duoc UC, Valparaíso (cgomezm@duoc.cl)
Amanda RIVERA VIDAL, Universidad Politécnica de Cataluña (amanda.rivera@upc.edu)

RESUMEN

En un contexto en que la construcción con tierra carece de una estandarización consolidada de sus procesos productivos, su potencial para contribuir a una industria de la construcción más sostenible y su relevancia como material constituyente de una amplia proporción de inmuebles patrimoniales de todo el mundo justifican tanto la investigación sobre ésta como el desarrollo de planes de estudio que promuevan su difusión y aplicación.

Este artículo analiza programas académicos de educación superior formal en Chile que integran la construcción con tierra en los ámbitos de la arquitectura y de la preservación del patrimonio. Algunos de estos programas tienen la particularidad, única en el contexto latinoamericano, de dedicarse exclusivamente a la construcción con tierra o de ser una parte obligatoria de los planes curriculares a los que pertenecen. El artículo examina programas consolidados, revisando sus estructuras, objetivos pedagógicos y métodos de evaluación, con el fin de identificar patrones comunes y medir su impacto en la implementación de soluciones con tierra dentro de la industria de la construcción actual. Además, se evalúa su aporte a la sostenibilidad y potencial de escalabilidad de la construcción con tierra en Chile.

1. ENSEÑAR A CONSTRUIR, DESDE LA TRADICIÓN A LA ACADEMIA

La construcción con tierra ha sido una práctica ancestral alrededor del mundo (Doat et al., 1979; Houben & Guillaud, 1989; Fontaine & Anger, 2009; Dethier, 2019, entre otros), aunque su prevalencia disminuyó con la introducción de materiales industrializados a partir del siglo XIX. Esta transición provocó la pérdida gradual del conocimiento constructivo que se transmitía tradicionalmente de generación en generación, impactando directamente en la perpetuación de conocimientos necesarios para el uso de materiales vernáculos o no industrializados, entre ellos, la tierra.

En la era moderna, la enseñanza formal en el ámbito de la edificación y la arquitectura ha sustituido en gran medida la transmisión generacional de conocimientos. En ello cumplen un rol las universidades, pero también las escuelas de oficios o escuelas industriales, que en el siglo XX comienzan a asumir el rol de formar ejecutores en distintas áreas productivas. En conformidad con los cambios sociales de esta época, la enseñanza en estas instituciones tendió a enfocarse predominantemente en materiales industrializados. No obstante, los métodos y materiales tradicionales aún mantienen un lugar en disciplinas relacionadas con la preservación del patrimonio arquitectónico y la arqueología.

En Europa, el estudio académico de la construcción con tierra empezó a consolidarse en las universidades durante la década de 1980, impulsado principalmente por sus ventajas ecológicas (Dethier, 2019). En el siglo XXI, la creciente preocupación por el impacto ambiental de los materiales de construcción ha revitalizado este interés, lo que se refleja en un aumento significativo de publicaciones sobre construcción con tierra, en contraste con el estancamiento en investigaciones sobre hormigón y acero (Morel et al., 2021).

A pesar de este renovado interés, la construcción de obras de nueva planta con tierra sigue siendo marginal en países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), como es el caso de Chile. Las barreras identificadas por Morel y Charef (2019) en el contexto europeo —como la legislación, los procesos constructivos, la economía, la percepción de los clientes y el conocimiento técnico— también resultan pertinentes para el caso chileno. Estas barreras son clave para evaluar el impacto de la educación en construcción con tierra en Chile y para identificar los desafíos futuros en su implementación.

2. ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN CHILE

La construcción con tierra, arraigada históricamente en Chile, fue condicionada por importantes eventos sísmicos, como los terremotos de Talca en 1928 y Chillán en 1939 (8,3 Ms), tras los que las primeras normas de construcción nacionales comenzaron a limitar la construcción con tierra de forma implícita (Rivera, 2016). A pesar de que esta práctica persistió en ámbitos populares hasta por lo menos los años 80 (Jorquera & Rivera, 2017), la obra nueva de tierra es hoy menos común a nivel nacional y persisten estigmas en torno a la resistencia del material, tanto en lo estructural como al paso del tiempo.

La actual Ley General de Urbanismo y Construcciones tipifica los inmuebles de tierra, pero ante la ausencia de una normativa específica, asigna a los proyectistas la plena responsabilidad de estas construcciones, limitando además su uso estructural a inmuebles de tamaños acotados con fines habitacionales. Este contexto normativo condiciona los tipos de producción actual: mientras que la inversión estatal se concentra en la intervención del patrimonio, la inversión privada se divide entre incipientes casos de inmuebles regularizados y una producción híbrida (Salas et al, 2012) en la que construcciones con rasgos propios de la producción formal (contratación de profesionales, realización de ensayos, etc.) omiten la solicitud de permisos requeridos para evitar exponerse a costos adicionales o posibles rechazos. De esta manera, quienes desean construir con tierra priorizan el uso de sistemas mixtos, en los que la madera o el acero sirven de estructura y la tierra actúa como relleno o complemento.

La certificación de resistencia a fuego, transmitancia térmica y acústica por entidades como Protierra Chile (Acevedo et al., 2022) busca facilitar proyectos con financiamiento estatal, los que son aún incipientes en la práctica. En cualquiera de estos escenarios, la producción de material sigue siendo artesanal, lo que destaca la necesidad de formación en operación, construcción y transformación de la tierra como material de construcción.

En paralelo a la arquitectura de obra nueva, se estima que aproximadamente el 40,7% del patrimonio chileno registrado por el Ministerio de Obras Públicas en 2009 estaba construido con tierra (Karmelic, 2013). Las construcciones con este material se registran desde el norte grande - de clima desértico - hasta en la lluviosa Patagonia y posee también una presencia relevante dentro de zonas urbanas consolidadas en las principales ciudades del país (Jorquera, 2022; Dávila & Contreras, 2022; Rivera & Giribas, 2023). Este patrimonio abarca edificios monumentales, vestigios arqueológicos, edificios industriales y protoindustriales, así como un importante campo habitacional que aún se mantiene en uso. Este patrimonio es objeto de estudio y hoy cuenta con importantes investigaciones que registran y dan a conocer sus características y valores (Jorquera, 2022; Rivera, 2017; Briño, 2022; Marchante et al., 2022; y otros). En Chile, la institucionalidad que resguarda el patrimonio opera a nivel nacional y existe además inversión pública destinada a la ejecución de obras para este fin, formalizada en proyectos públicos y en subsidios asignables a privados.

El consenso sobre la necesidad de mantener el patrimonio de tierra se vio reflejado en la creación de la norma NCh3332 en 2013, tras el último gran terremoto de febrero de 2010 (8,8 Mw). Esta norma regula la intervención estructural de edificios patrimoniales de tierra, avalando a profesionales que diseñan y ejecutan obras de construcción en obras de consolidación, reparación o restauración de edificios con valor patrimonial hechos con tierra e incentivando el uso de este material en ellas. Hoy es la única norma de aplicación nacional referida al uso de este material para la construcción.

3. TIERRA EN PROGRAMAS EDUCATIVOS EN CHILE

En Chile, el interés por la construcción con tierra se destaca a partir del relevamiento de iniciativas educativas realizado por la Red Iberoamericana PROTERRA en 2022. Se identifica una amplia oferta de formación en este ámbito en la educación superior, tanto en programas generales como arquitectura o técnicos, como en programas específicamente centrados en la construcción con tierra, además de numerosas iniciativas de educación no formal.

Para este trabajo, se consideran únicamente las instancias educativas formales, entendidas como programas formativos de educación superior aquellos que conducen a un título o certificado y son impartidos por instituciones acreditadas según las definiciones de la legislación nacional, dejando las instancias

informales - que en la opinión de las autoras generan importantes aportes al conocimiento, pero cuya disparidad genera dificultades metodológicas para su análisis comparativo.

En este sentido, el Ministerio de Educación chileno (MINEDUC) define las Instituciones de Educación Superior (IES) como aquellas que se encargan de formar profesionales y técnicos de nivel superior y contribuir al desarrollo científico y tecnológico de Chile (MINEDUC, 2024) y promueve mecanismos para asegurar la calidad educativa. Esto se basa en un sistema de acreditación que otorga hasta siete años a las instituciones que demuestran competencia en todas las dimensiones definidas por la ley 20.129 (MINEDUC, 2006), desde la docencia hasta la investigación, pasando por la vinculación con el medio.

Siguiendo estas directrices, el universo de programas formativos mencionado en el presente trabajo comienza con un relevamiento realizado por la Red Iberoamericana PROTERRA, completado con entrevistas dirigidas e indagaciones a través de vínculos directos y catastrados por las autoras a través de un muestreo de bola de nieve (Fig.1).

Las experiencias identificadas a nivel nacional incluyen programas relacionados con la arquitectura y/o la construcción, presentes tanto en Centros de Formación Técnica (CFT), en Institutos Profesionales (IP) y en universidades. Éstas últimas representan un 87,5% de las instituciones levantadas, muchas de las cuales son parte de la red nacional de universidades ARCOT (62,5%), creada el año 2013 con el objetivo de promover la enseñanza de la arquitectura y construcción con tierra en las universidades vinculadas a la red, con una importante presencia de universidades regionales.

Estas experiencias se han observado con una alta concentración en la zona central del país, principalmente en la ciudad de Santiago, lo que es coherente con la mayor densidad poblacional y de oferta de programas académicos en la capital del país. Fuera del área metropolitana se registran programas impartidos por la Universidad Católica del Norte (Antofagasta), Universidad de La Serena, Instituto Profesional Duoc UC (Valparaíso), Universidad de Talca y Universidad de Concepción. Dentro de los casos levantados, destaca la diversidad de experiencias, en tipo de IES, tipo de enseñanza dentro del currículum, tipo de programa en el que se imparten, y permanencia en el tiempo (Fig. 2).

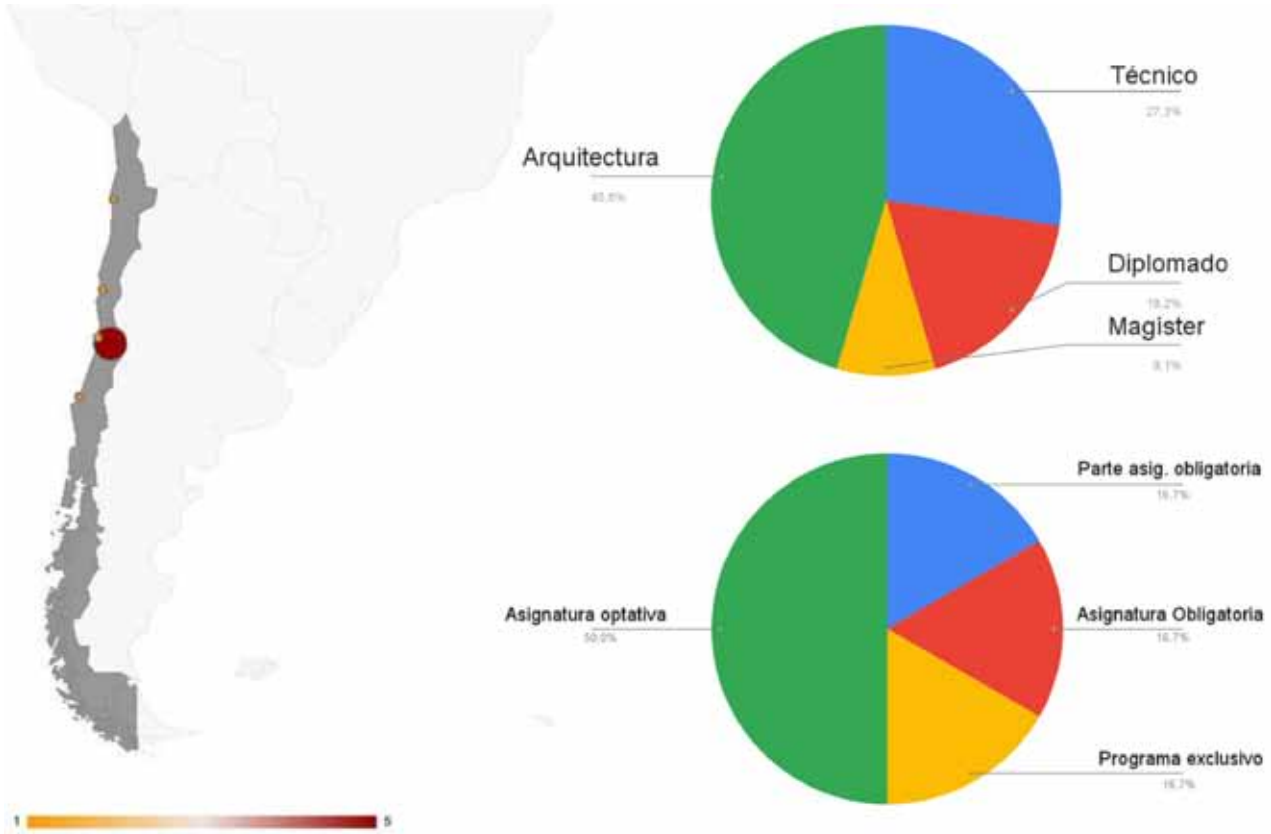


Figura 1. Cursos o programas sobre construcción con tierra en IES de Chile; Izq. Distribución geográfica. Der. Sup. Tipo de IES donde se imparten los cursos; Der. Inf. Tipo de curso donde se incluye la construcción con tierra.

© Autoras.

4. CASOS DE ESTUDIO

Como se ha podido observar, la enseñanza de la arquitectura y construcción con tierra dentro de las IES presenta una gran diversidad. Las iniciativas se pueden agrupar en cuatro tipos: Formación obligatoria dentro de la formación profesional (CFT o IP), formación obligatoria dentro de la educación universitaria (arquitectura), formación no obligatoria dentro de la educación universitaria (arquitectura), programas de postgrados temáticos exclusivos.

A continuación, se profundizará en cuatro experiencias, que ilustran el estado de la introducción de la tierra en instituciones de educación superior en cada uno de los casos señalados, donde se expondrán los aprendizajes esperados, el perfil docente, la cantidad de horas, la relación de actividades teóricas y prácticas, los requerimientos prácticos para su implementación, la vinculación son el medio en el que se imparte, así como los indicadores de verificación de aprendizajes. Si bien estas instancias poseen alcances diferentes, por los perfiles de los estudiantes que accedan a ellas y las mismas definiciones de su grado académico, hay algunos denominadores comunes tanto en los contenidos como en la forma de implementación y en la potencialidad de la enseñanza con tierra para alcanzar algunos objetivos transversales.

4.1 FORMACIÓN TÉCNICA PROFESIONAL: EL CASO DE LA CARRERA TÉCNICO EN RESTAURACIÓN DE BIENES PATRIMONIALES, FUNDACIÓN INSTITUTO PROFESIONAL DUOC UC

La Fundación Instituto Profesional Duoc UC nace en 1968 al alero de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC). En 2020, con 105.204 estudiantes matriculados, fue la IES con mayor volumen a nivel nacional (LUN, 2024). Hoy, como instituto técnico-profesional independiente tiene 17 sedes y 3 campus a lo largo del país, acreditación máxima de 7 años y una elevada proporción de alumnos que estudian con beneficio de gratuidad estatal. Fue una de las primeras instituciones en Chile en incorporar un modelo educativo basado en la adquisición de competencias en el año 2000 (Duoc UC, 2021).

La formación en construcción con tierra se concentra en el programa Técnico en Restauración de Bienes Patrimoniales, carrera de cinco semestres de la Escuela de Construcción que surge en 2007 para atender las necesidades de personal cualificado en en el sector de Valparaíso declarado Patrimonio de la Humanidad en 2003 (Gómez & Rodríguez, 2022).El programa se enfoca en la restauración de bienes arquitectónicos, con formación teórica sustentada en un aprendizaje eminentemente práctico mediante talleres estructurados según los principales materiales constitutivos del patrimonio local: madera, piedra, metales, tierra, además de talleres de diagnóstico y preparación de propuestas de intervención. La centrali-

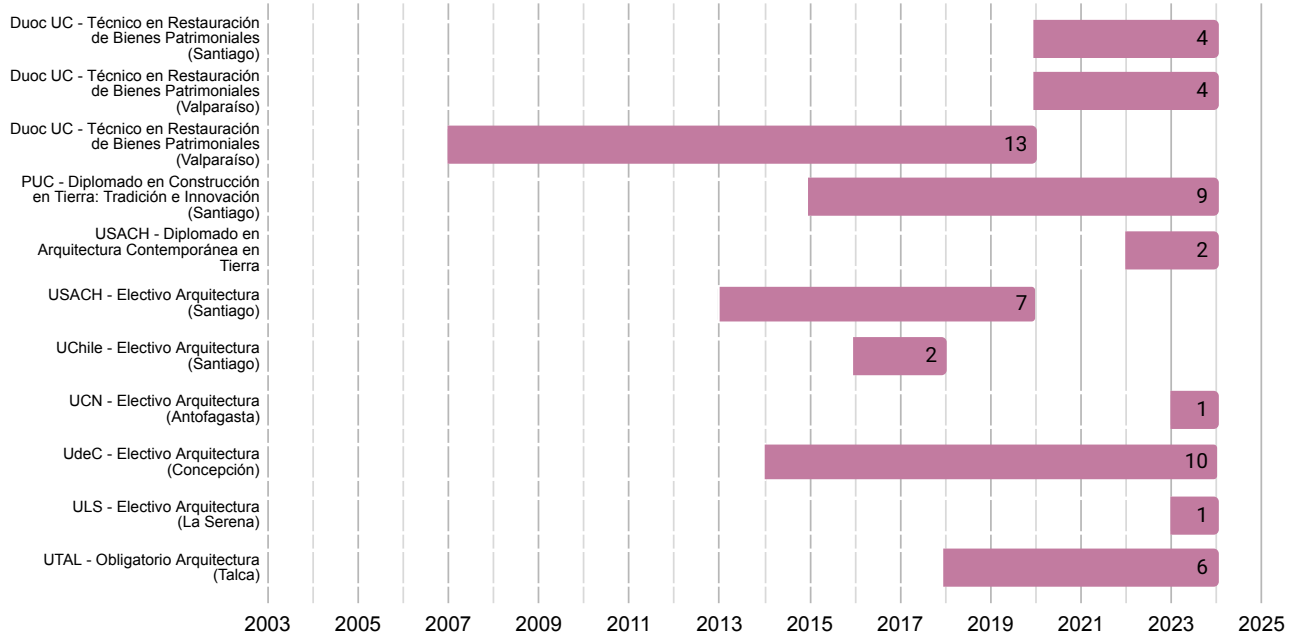


Figura 2. Extensión temporal y cantidad de años de experiencias levantadas que incluyen la tierra en programas educativos IES en Chile.

© Autoras.

dad entregada a sistemas constructivos mixtos madera-tierra refleja el carácter contextual de la carrera, puesto que son los que predominan en Valparaíso.

Hasta el año 2020 existió el Taller de Restauración en Tierra Cruda (72 horas), mientras que en la actualización curricular posterior los contenidos asociados a este tema se distribuyen en tres asignaturas: Sistemas constructivos tradicionales y modernos (54 horas), Taller de restauración de revoques (72 horas) y Taller de restauración de sistemas mixtos de madera (126 horas). Cada una cuenta con material instruccional estandarizado: programas que definen las competencias a adquirir, el perfil de los docentes (restauradores, arquitectos o constructores con experiencia y formación en la especialidad); guías y rúbricas que equiparan las actividades pedagógicas y medición de aprendizajes entre las sedes que imparten la carrera (Valparaíso y Santiago). Algunas de estas actividades son: elaboración de maquetas de sistema constructivo adobe, reconocimiento de la materia, formulación de morteros en base a tierra y aditivos/adiciones, fabricación de bloques, aplicación de revoques de tierra, intervención de inmuebles patrimoniales de sistemas mixtos madera - tierra con criterios de restauración. Cada una es evaluada de acuerdo a la comprensión de conceptos por parte del alumnado, la factura o resultados de la ejecución y capacidades transversales, como habilidad para resolver problemas, cuidado en la ejecución, trabajo en equipo o resguardo de medidas de seguridad en el trabajo.

Los desafíos operacionales para la implementación de las actividades de aprendizaje práctico - como la disponibilidad de espacios para la elaboración de mezclas y producción y secado de bloques en un contexto pedagógico - se resuelven en la práctica con actividades formativas en terreno, donde el alumnado interviene tramos acotados de edificaciones patrimoniales de tierra (Rivera y Gómez, 2022), fortaleciendo su experiencia práctica en casos reales y propiciando un impacto positivo en las comunidades que confluyen en los espacios intervenidos.

A la fecha no existe un catastro integral de la dedicación efectiva de los más de 300 titulados de la carrera pero, en un levantamiento de pequeños proveedores de servicios de restauración realizado en el año 2022 se identifican 15 emprendimientos de titulados que ofrecen servicios de intervención en bienes de tierra (CORFO & Duoc UC, 2024) en una región de ca.1,82 millones de habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2017). Los técnicos en restauración de este programa han participado en la restauración de edificios de tierra emblemáticos a lo largo de todo el país.

Figura 3. Talleres de carrera: a/ fabricación de adobillos, Sede Alameda 2021. b/ instalación de adobillos, Sede Valparaíso, 2019. c y d/ Ejercicio de comprensión de sistemas constructivos: adobe, curso 2024.

© a) y b) Docente y autor Carmen Gómez, c) y d) Docente y fotografías: Elena Novoa.

4.2 ASIGNATURA OBLIGATORIA DE TIERRA EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA: ESCUELA DE ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE TALCA

La Escuela de Arquitectura de la Universidad de Talca, es una institución estatal regional ubicada en la capital de la Región del Maule, Talca (35° 25' 37" S, 71° 39' 56" O). La universidad fue fundada en 1981 luego de la fusión de la Universidad de Chile y la Universidad Técnica del Estado en la región. Por su parte, la Escuela de Arquitectura fue fundada en 1998, la que fue reconocida por su innovadora pedagogía vinculada al territorio con el premio Global Award for Sustainable Architecture en 2015, a través del reconocimiento a su fundador Juan Román Pérez (2024).

El proyecto académico planeado por Juan Román para la enseñanza de la arquitectura en la capital del Maule partió de la base del escaso capital social con una gran dificultad en la capacidad de abstracción, por eso, el nuevo proyecto educativo no partió desde el estudio del espacio, sino que se basó en abordar la arquitectura desde la experiencia material, la materialidad de los objetos, de lo táctil, de lo manual, de lo artesanal. Y es así como lo material del territorio tomó presencia y potencia en la arquitectura de los egresados de arquitectura de la Universidad de Talca (Adrià, 2013). La enseñanza de la arquitectura, como en casi cualquier escuela de arquitectura a nivel nacional, se basa en la realización de "talleres", cursos que desarrollan proyectos para preparar a los futuros arquitectos. En este caso, tres talleres marcan la formación: el Taller de Materia del primer año; el Taller de Agosto y el Taller de Obra, que se realiza cada año fuera de las aulas universitarias, donde toda la escuela, tanto estudiantes como profesores, trabajan en equipo realizando Intervenciones en el territorio, plazas, miradores u otros dispositivos, en los que se construye con materiales disponibles del mismo territorio; por último, el Taller de Título, como proyecto final de carrera, donde el estudiante de forma individual debe intervenir en el territorio y encargarse de esta intervención de forma completa, desde la gestión, pro-

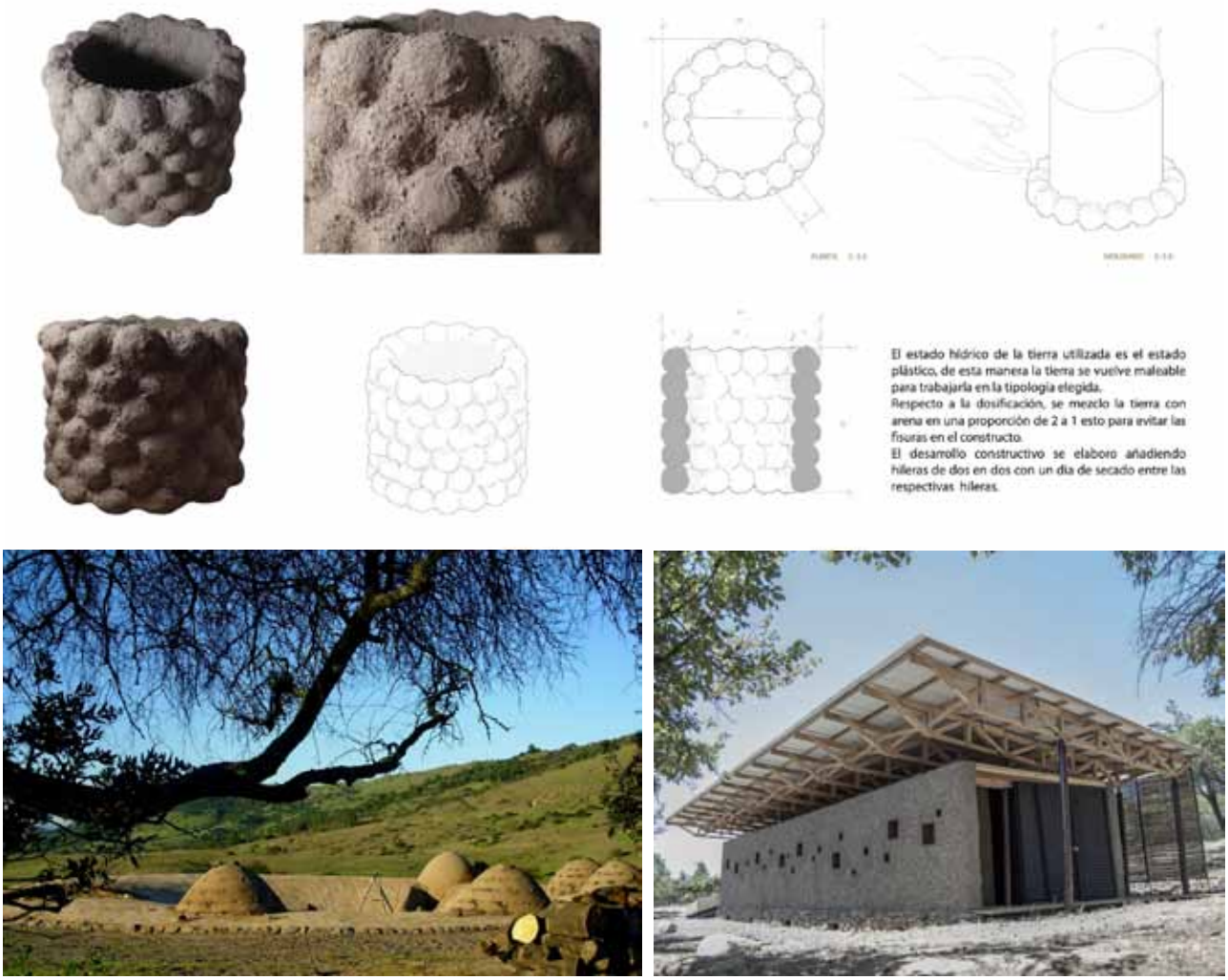

El estado hídrico de la tierra utilizada es el estado plástico, de esta manera la tierra se vuelve maleable para trabajarla en la tipología elegida.
Respecto a la dosificación, se mezcla la tierra con arena en una proporción de 2 a 1 esto para evitar las fisuras en el constructo.
El desarrollo constructivo se elaboro añadiendo hileras de dos en dos con un dia de secado entre las respectivas hileras.

Figura 4. Arriba: Ejercicio de Operación Material de elemento macizo. © Estudiante Jennifer Araya, 2022.
Abajo: obras de título. Izq. Obra de Título de Manuel Gallardo © (Chépica, 2011) "Hornos de La Candelaria N° 3"
Der. Obra de Título de Patricio Merino © (Cauquenes, 2013) "Pabellón Vitivinícola"

yección hasta su ejecución y financiación. Este Taller de Título finaliza con obras construidas por los estudiantes.

Es por el desarrollo de estas experiencias de talleres, del enfrentamiento hacia la materialidad local y la necesidad evidente de poder transformar una materia prima ampliamente disponible en el territorio, tanto debajo de los pies como en las edificaciones patrimoniales, es que en el año 2018, el encargado de la Línea de Tecnología plantea la incorporación formal y obligatoria de la enseñanza de la construcción con tierra en el currículum regular, la que se transforma en la única asignatura catastrada a nivel nacional en que se considera dentro del programa obligatorio en la formación profesional. La asignatura se ha desarrollado desde la fecha, de forma anual, a un promedio de 50 estudiantes, en una primera instancia dirigido por un solo profesor, al que luego se le sumó una segunda, formando dos secciones del mismo curso. El curso de construcción con tierra es el último curso realizado por los estudiantes en la línea de tecnología, realizado en el cuarto bimestre del quinto año y precediendo la realización del taller de titulación. Los docentes encargados de los cursos deben tener experiencia profesional comprobada en la arquitectura y construcción con tierra, son siempre docentes invitados a realizar este curso por esta razón, y deben contar con el grado de magíster. Por la filosofía de la escuela, cada docente tiene libertad de cátedra, abordando el curso de forma autónoma, siempre buscando que los estudiantes adquieran herramientas para el diseño y comprensión de las tecnologías en la arquitectura de tierra.

El curso de 10 ECTS, correspondiente a 80 hrs., se estructura en clases teórico-prácticas que encaminan al desarrollo de encargos a resolver de forma personal o grupal, donde resuelvan problemáticas de la materia asociada a la arquitectura.

La asignatura de Tecnología de la Arquitectura de Tierra partió por la necesidad de entregar herramientas a los estudiantes antes del Taller de Título. Durante las siete versiones del desarrollo del curso, cerca de 350 estudiantes han cursado la asignatura, lo cual ha incrementado la cantidad de proyectos de titulación construidos en tierra, desarrollando proyectos crecientes en complejidad y con calidad arquitectónica reconocida. Entre éstos, destaca la obra de título de Patricio Merino elaborada en 2013, la que fue finalista de los Terra Awards en 2016.

4.3 CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN DEDICADOS: EL DIPLOMADO EN CONSTRUCCIÓN EN TIERRA. TRADICIÓN E INNOVACIÓN, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

En Chile, los Diplomados son programas de postgrado ofrecidos por IES a profesionales que buscan actualizarse o especializarse en un campo particular. Se caracterizan por ser de corta duración y estar diseñados para profundizar en áreas específicas de conocimiento o habilidades profesionales, a diferencias de los cursos - de naturaleza más general y duración más acotada.

La Pontificia Universidad Católica de Chile concentra su actividad académica e investigadora en tres campus de la región metropolitana, contando además con un Campus en Villarrica, al sur del país. Es una de las universidades de mayor prestigio del país, siendo la primera a nivel nacional en el QS University Rankings en 2024.

El Diplomado en Construcción en Tierra: Tradición e Innovación imparte su primera edición en el 2015, como parte de la oferta programática de Educación Continua de la Facultad de Arquitectura y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica y es el primer programa universitario de posgrado en Chile dedicado exclusivamente a la construcción con tierra. Su origen está asociado al fortalecimiento de programas relacionados con el patrimonio y su conservación en la universidad, motivo por el cuál destina gran parte de su carga lectiva a esta área de la construcción con tierra. Fue también el único programa de esta naturaleza en Latinoamérica, hasta el año 2022 en que se crea el Diplomado en Construcción Contemporánea con Tierra de la Universidad de Santiago de Chile, enfocado en la enseñanza de sistemas mixtos.

El programa se enfoca en la intervención del patrimonio construido con tierra, definiéndose bajo el ámbito de la innovación la incorporación de aspectos relacionados con la producción contemporánea de arquitectura, así como de la estandarización de ciertos procesos tanto productivos como normativos que, como ya se ha mencionado, aún están en desarrollo en Chile. La perspectiva de sustentabilidad se incorpora de manera transversal en los distintos contenidos del curso, haciéndose explícita en la etapa de proyecto, en la que los alumnos deben incorporar en sus procesos de toma de decisiones conceptos propios del diseño bioclimático en relación a propiedades del material y sistemas constructivos diversos, así como en la disponibilidad de éstos en contextos específicos.

La primera versión del programa se imparte en el año 2015 y se estructura en dos cursos de 10 créditos cada uno cuya distribución general de contenidos se mantiene hasta el día de hoy. A lo largo de los cursos se da a conocer la materia prima y las características que permiten su transformación en un material de construcción, los principales sistemas constructivos, el contexto general de la construcción con tierra, fuertemente influido por el contexto sísmico chileno y, a través de la realización de ejercicios de levantamiento crítico, los principales factores de deterioro de las construcciones. Establecida esta base, durante la segunda etapa del programa se aborda el desarrollo de nuevas tecnologías y formas de producción relacionadas con la tierra, propiciando el desarrollo autónomo de un proyecto en el que los estudiantes tienen la posibilidad de profundizar en las temáticas que son de su interés. Estos módulos son impartidos por ocho docentes: un ingeniero estructural, un ingeniero constructor y seis arquitectos.

La metodología de enseñanza es teórico-práctica, con talleres de ejecución de distintas técnicas constructivas y reconocimiento de la tierra como materia. Desde 2016 se incorporan salidas a terreno a distintas zonas rurales de Chile, en las que los estudiantes adquieren y aplican conocimientos sobre el diagnóstico de inmuebles de tierra, cuyos registros son posteriormente entregados a las autoridades locales como aporte a su preservación. Desde el año 2023, se permite que los estudiantes formulen investigaciones a nivel de propuesta, a ser desarrolladas tras el término del curso en sus respectivos ámbitos laborales.

Durante la pandemia, al no poder programar las actividades prácticas, se debió suspender el programa, impartiendo en su lugar un seminario y un curso corto dedicados a la construcción contemporánea, obviando los contenidos relacionados con la conservación del patrimonio de la tierra. En 2023 se retoma el programa original en formato híbrido, con clases teóricas online y talleres prácticos presenciales.

El diplomado cuenta con un promedio de 15 estudiantes en cada una de las 6 ediciones realizadas a la fecha, la mayoría arquitectos, seguidos de constructores, diseñadores y restauradores, entre los que se incluyen personas con roles públicos vinculados a la gestión, ejecución y administración de obras de preservación del patrimonio de tierra así como profesionales con experiencia previa en el diseño y ejecución de obras con esta materialidad, además de neófitos que llegan a la construcción con tierra bien por su interés en casos de bienes patrimoniales concretos o por un interés en la arquitectura sostenible en base a materiales naturales. El programa cuenta con la participación de estudiantes internacionales (entre 2 y 5 por cada edición), ya sea estudiantes de intercambio que aprovechan su estancia en Chile para cursar el programa o incluso

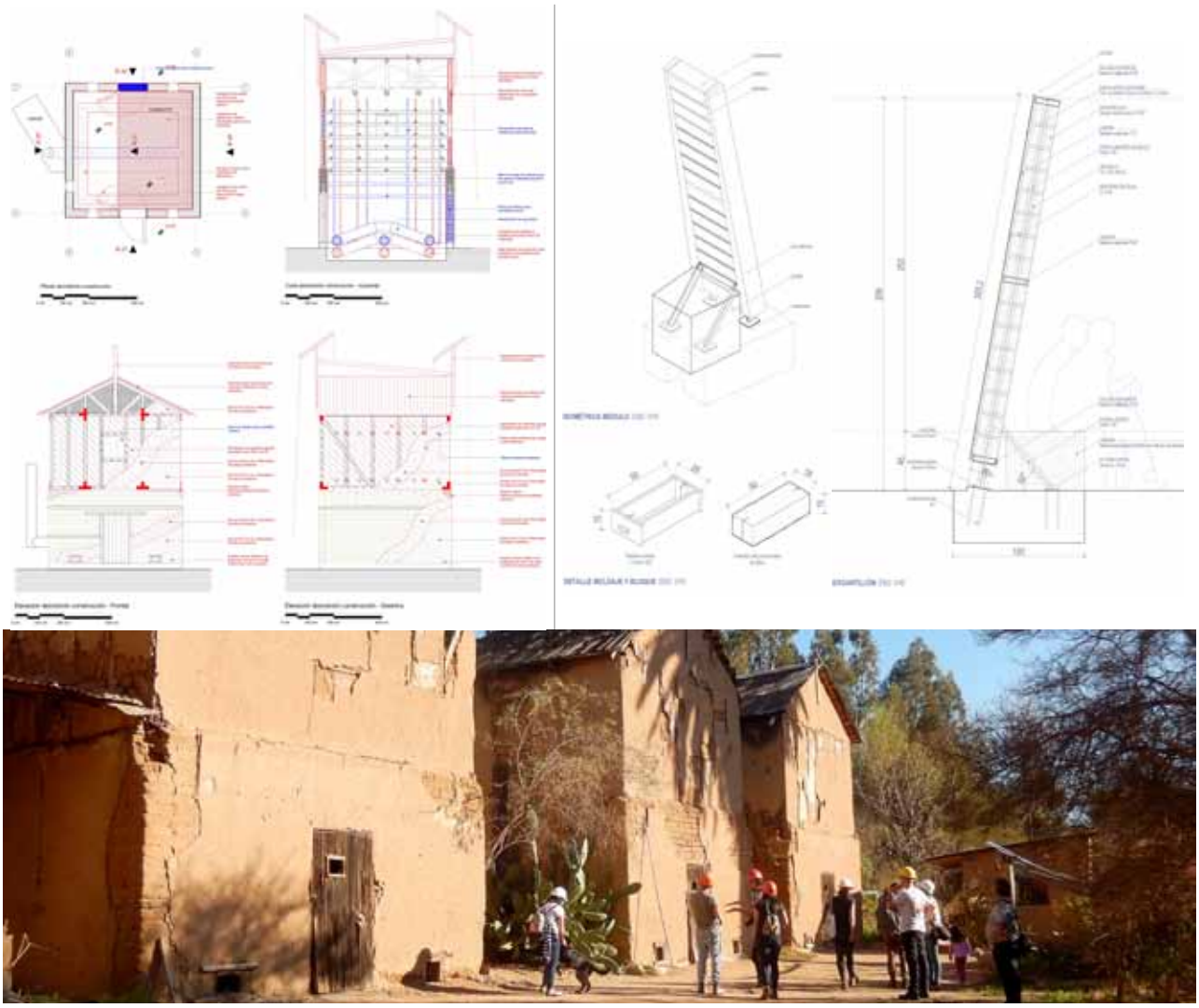


Figura 5. Actividades de diplomado en construcción en tierra.
Arriba izquierda: extracto proyecto final: rehabilitación de hornos Soledad Escudero. © Alumno Gonzalo Ibañez, 2019.
Arriba derecha: Escantillón de proyecto contemporáneo, © alumna Florencia Stange, 2023.
Abajo: Visita a terreno hornos tabacaleros de Salamanca, © Mercedes Patthey, 2018.

personas de otros países de Latinoamérica o Europa que viajan exclusivamente para tomar el curso.

Las inquietudes de estos perfiles en el programa incluyen la voluntad de sistematizar y certificar este conocimiento, la generación de redes de colaboración y la necesidad de profundizar en aspectos específicos de aspectos contemplados en la estructura de los cursos. Los estudiantes que cursan el diplomado continúan en general incorporando la arquitectura y construcción con tierra a su quehacer profesional. (Fig.5)

4.4 CURSOS ELECTIVOS DE TIERRA EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA: ESPACIOS ABIERTOS PARA TEMÁTICAS ESPECÍFICAS

Un gran número de las experiencias levantadas en el presente estudio consisten en asignaturas optativas de la carrera de arquitectura de distintas universidades del país.
Este tipo de cursos permiten amplitud de temas complementarios al currículo obligatorio y su oferta varía muchas veces de forma anual, propiciando la incorporación de temáticas no incluidas en el currículo obligatorio y permanente.
La incorporación de la construcción con tierra en esta oferta está directamente relacionada con los intereses profesionales del docente que las propone a la facultad y posteriormente las imparte. Por esto, su continuidad depende de la continuidad y persistencia del docente vinculado a la casa de estudio. A pesar de ser veces altamente populares entre los estudiantes que eligen cursar estas asignaturas, esto no asegura su continuidad de las mismas en el plan educativo, ni menos su introducción a los planes y programas con una perspectiva a largo plazo, lo que genera dificultades en sus perspectivas de evaluación y la evaluación de sus impactos.

Los cursos optativos están destinados a estudiantes en la última fase de estudio de arquitectura, entre 3º y 5º año, como una manera de enfocar hacia la especialización de los estudiantes.

Algunos ejemplos de cursos de esta naturaleza incluyen los cursos optativos de construcción con tierra discontinuados de la Universidad de Chile que fue realizado entre 2016 y 2018 con un promedio de 25 estudiantes en cada edición, y de la Universidad de Santiago de Chile realizado entre 2014 y 2020 con un promedio 20 estudiantes por edición. Los casos de la Universidad de la Serena y de la Universidad Católica del Norte, han comenzado este año 2024 con cursos electivos, los que han contado con un promedio de 30 estudiantes. El único caso que ha permanecido desde el año 2014 al 2024 de forma continua es el dictado en la Universidad de Concepción, que ha contado con un promedio de 20 estudiantes por versión. Los programas de asignaturas electivos mencionados, han logrado llegar a un universo de cerca de 500 estudiantes de arquitectura desde hace 10 años.

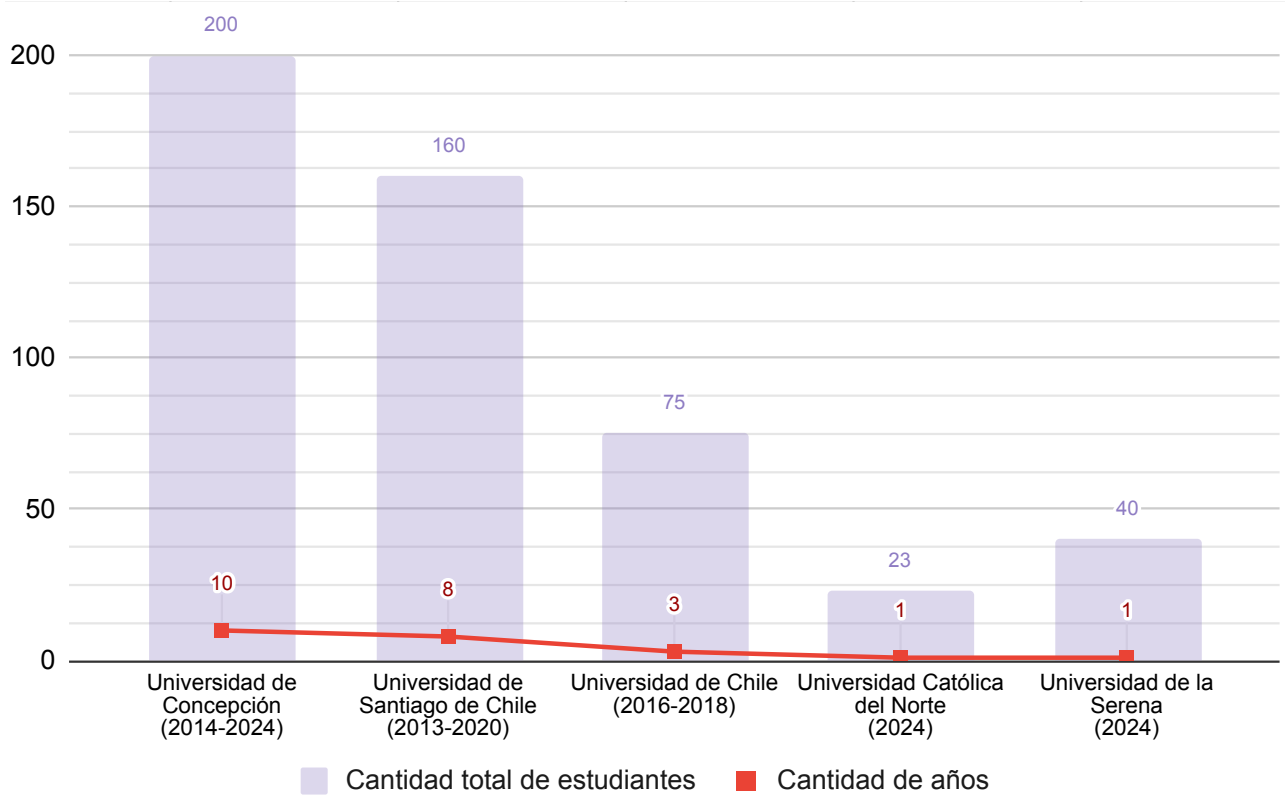


Figura 6. Cantidad de estudiantes que en total han cursado electivos de construcción con tierra dentro de la carrera de arquitectura y cantidad de años que ha permanecido el programa dentro de la institución.
© Autores.

5. DESAFÍOS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA EN CHILE

La ausencia de estandarización de procesos productivos y una industria consolidada de producción de inmuebles de tierra condiciona que aquellas personas que ejercen la construcción con este material deben atender en su quehacer aspectos operacionales, constructivos y productivos, en el sentido del manejo de la transformación de la materia en un material apto para la obra.

Dentro de los tipos de barrera para la masificación de la construcción con tierra referenciados, se evidencian esfuerzos evidentes por abordar las brechas en el conocimiento del material, como punto de inicio para un desarrollo mayor. A través de la consolidación de una oferta formativa que se fortaleció a partir de la segunda mitad de la década de 2010 es posible identificar un interés creciente en la adquisición de este conocimiento.

En este sentido, la existencia de programas consolidados en torno a la construcción con tierra en Chile, cuyos egresados se convierten efectivamente en ejecutores de proyectos y obras con este material, se considera una fortaleza significativa a la hora de permitir la escalabilidad del material. Dentro de este ámbito destaca la participación de personas que prestan servicios en el aparato público, supervisando y generando condiciones para la ejecución técnica de proyectos de tierra.

A pesar de que los programas estudiados han influido en entregar las herramientas necesarias para que los profesionales puedan hacer frente a los requerimientos técnicos, y por sus condiciones de vinculación con el entorno también han generado impactos en la percepción del material en potenciales clientes y actores relevantes, no han logrado influir aún en aspectos más sistémicos, sobre todo relacionados con los mecanismos legislativos o normativos, aspectos fundamentales para la escalabilidad y proyección de la construcción con tierra en un aspecto más amplio.

La vinculación de los programas existentes - asociados a arquitectura y/o conservación del patrimonio- con otras disciplinas de la industria de la construcción, podría colaborar en la superación de algunas de las otras barreras, como el desarrollo y mejora de procesos productivos, que se mantienen principalmente artesanales. Esto influye en la optimización de recursos económicos y en el desarrollo de un mercado tanto de productos como de servicios asociados a la producción de edificaciones de tierra, que es aún muy incipiente en el país. El desarrollo en estos ámbitos, podría, a su vez, producir la repercusión en los mecanismos directivos y legislativos, más allá de lo relacionado con edificaciones patrimoniales.

Si bien la sustentabilidad en la construcción en Chile es aún un desafío incipiente, iniciativas como la certificación de vivienda sustentable, la ley de responsabilidad extendida del productor que obliga a los fabricantes e importadores de ciertos productos prioritarios a gestionar el ciclo de vida de sus productos y otros mecanismos emergentes abren la puerta a la incorporación de la tierra como material de construcción sustentable, valorando su inclusión como un aporte para la obtención de dichos beneficio y fortaleciendo iniciativas alineadas con el desarrollo y escalabilidad del uso del material en construcciones contemporáneas. A pesar de las características asociadas a la sustentabilidad medioambiental, será importante evaluar la sostenibilidad de la construcción con tierra de forma holística, analizando la sostenibilidad económica y social, y como los programas educativos aportan en diversas perspectivas.

Por otra parte, el desarrollo de las investigaciones conducentes a normas, inventarios patrimoniales, experimentación material y producción de obras por parte de profesionales vinculados a los programas educativos ha influido a nivel nacional; sin embargo, se hace necesario profundizar y desarrollar investigaciones con niveles más avanzados de madurez tecnológica (TRL Technology Readiness Levels) (TEC-SHS, 2008), y que, por lo tanto, sean desarrollados en entornos reales y con colaboración de instituciones diversas. Estas vinculaciones y resultados, podrían apoyar la ampliación de escala y propagación de la construcción con tierra en el país, siempre y cuando se aborden de forma holística, incluyendo las dificultades del desarrollo de procesos productivos, tecnológico, con factibilidad económica, y con el desarrollo de instrumentos legales.

Una vez ampliado el espectro de profesionales que han sido formados en los programas expuestos, los que se han impartido en el país desde hace 13 años, y con perspectivas de la introducción de aspectos ambientales más estrictos en términos de las regulaciones en el sector de la edificación, se prevé que soluciones que contienen tierra puedan tener mayor espacio de crecimiento. La proyección de estos egresados y su incorporación a dichas instancias será un aspecto que deberá ser evaluado en adelante.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, R.; Carrillo, O.; Broughton, J. (2017). *Construcción en Quincha Liviana: Sistemas Constructivos Sustentables de Reinterpretación Patrimonial*. Depto de Estudios, División Técnica de Estudios y Fomento Habitacional (DITEC) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Fondart Nacional; Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Fondart Nacional: Santiago, Chile.

Adrià, M. (2013). *Talca, cuestión de educación.* Arquine, México D.F.

Briño, C. (2022). Tapias que singularizan el paisaje rural de la cuenca superior del VAlle del Aconcagua en Chile. En Ferreiro, A.; Salcedo, Z.; Neves, C. (eds.), Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 20.Memorias... Trinidad, Cuba: PROTERRA/Oficina del Conservador. p. 348-359

CORFO & Duoc UC Sede Valparaíso (2024). Valparaíso Creativo - Catálogo de oficios de la restauración patrimonial de la Región de Valparaíso. Accedido 26 de abril de 2024 https://www.valparaisocreativo.cl/buscador-de-oficios-patrimoniales/

Dávila Urrejola, V.; Contreras Silva, J. (2022). *El Adobillo. Cultura constructiva de Valparaíso*. FONDART, Valparaíso.

Dethier, J. (2019). *Arquitecturas de tierra. El arte de construir con tierra. Pasado, presente y porvenir*. Blum, Barcelona.

Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., & Vitoux, F. (1979). *Construir en terre*. CRAterre, Grenoble.

Duoc UC Vicerrectoría Académica (2021) Modelo Educativo.

Fabbri, A., Aubert, J., Armanda Bras, A., Faria, P., Gallipoli, D., Jeanne Goffart, Fionn McGregor, Céline Perlot-Bascoules, and Lucile Soudani. (2022) "Hygrothermal and Acoustic Assessment of Earthen Materials". In: Fabbri, A., Morel, JC., Aubert, JE., Bui, QB., Gallipoli, D., Reddy, B.V. (eds) *Testing and Characterisation of Earth-based Building Materials and Elements*. RILEM State-of-the-Art Reports, vol 35. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83297-1_3

Fontaine, L.; Anger, R. (2009). *Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture*. Éditions Belin, Paris.

Gómez, C.; Rodríguez, D. (2022). *El aporte de la enseñanza formal de los oficios tradicionales a la preservación del patrimonio en madera*. Ponencia presentada en 24 Simposio Internacional de Conservación de Patrimonio en Madera, organizado por el Comité Internacional de Madera de ICOMOS, Chiloé, Chile, 28 de noviembre de 2022.

Global Award for Sustainable Architecture Award (2024, abril). Juan Román, 2015 Global Award for Sustainable Architecture Award. Accedido 26 de abril de 2024 https://globalawardforsustainablearchitecture.com/laureates/

Houben, H.; Guillaud, H. (1989). *Traité de construction en terre*, Parenthèses, Marseille.

Instituto Nacional de Estadística (2017) Censo de Población y Vivienda. Accedido 19 de septiembre de 2024. https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/censo-de-poblacion-y-vivienda

Jorquera, N. (2022). *Patrimonio chileno construido en tierra*. ARQ Ediciones, Santiago.

Jorquera, N.; Rivera, A. (2017). "Continuidad y discontinuidad de las técnicas de tierra en Canela, Chile, epicentro del sismo 8,4Mw de 2015". En Neves, C.; Salcedo, Z; Faria, O. B. (Eds.) (2017). *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 17. Memorias...* La Paz, Bolivia: PROTERRA/FAADU-UMSA. pp 672-681.

Karmelic, L. (2013). "Registro de inmuebles patrimoniales construidos en tierra cruda, en Chile (Resultado investigación tesis DEA, U. de Sevilla)". En Neves, C.; Prado, F.; Jorquera, N. (Eds.) *Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 13. Memorias*. Valparaíso, Chile: Duoc UC / PROTERRA. pp 527-541.

LUN (2024, abril). Ranking: las 50 instituciones de educación superior con más alumnos - www.lun.com. Accedido 26 de abril de 2024. https://www.lun.com/Pages/NewsDetail.aspx?dt=2020-01-29&BodyID=0&PaginaId=12.

Marchante, P.; Rivera Vidal, A. (2022). "Characterization of renders and plasters from earthen vernacular heritage in Limarí, Chile". J*ournal of Traditional Building, Architecture and Urbanism*, 3, 384–395. https://doi.org/10.51303/jtbau.vi3.612

MINEDUC (2024, abril). Objetivos y Organización de la Educación Superior | Ayuda Mineduc. Accedido 20 de abril de 2024. https://www.ayudamineduc.cl/ficha/objetivos-y-organizacion-de-la-educacion-superior-5.

MINEDUC. (2006, abril). Ley N° 20,129: *Establece un Sistema Nacional de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior*. Diario Oficial de la República de Chile. Recuperado de https://www.bcn.cl/leychile

TEC-SHS (2008). *Niveles de madurez de la tecnología, Technology Readiness Levels Hankook for Space Apllications*.

Morel, J.-C.; Charef, R. (2019). *What are the barriers affecting the use of earth as a modern construction material in the context of circular economy?. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 225 (24 de febrero de 2019): 012053. https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012053.

Morel, J.-C.; Charef, R.; Hamard, E.; Fabbri, A.; Beckett, C.; Bui, Q. B. (2021). *Earth as construction material in the circular economy context: practitioner perspectives on barriers to overcome. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 376 (4 de agosto de 2021). https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0182.

QS University Rankings (2024) Visitado 19 de septiembre de 2024 https://www.topuniversities.com/world-university-rankings?page=6

Rivera, A. (2016). *THE ADOBE, a Chilean seismic culture, the case of "Norte Chico Region"*. Grenoble: CRAterre ENSAG. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02076847

Rivera, A (2017). "The Chilean adobe as a seismic vernacular technology, the study of the "Norte Chico" zone". In: *Vernacular and Earthen Architecture: Conservation and Sustainability*. London: CRC Press. p. 675-680. 2017.

Rivera Vidal, A.; Giribas, C. (2023). "Técnicas constructivas con tierra en la arquitectura ariqueña republicana (s. XIX)." En Tomasi, Jorge & Barada, Julieta (eds.), *Revista Boliviana de Investigación*, Vol 16, Nº1. La Paz : Asociación de Estudios Bolivianos. pp. 17-43.

Rivera Vidal, A.; Gomez Maestro, C. (2022). “Heritage and community centre in Matta Sur, Chile.” En P*roceedings HERITAGE 2022 - International Conference on Vernacular Heritage: Culture, People and Sustainability*. Editorial Universitat Politècnica de València. 1063-1069.

Salas Serrano, J., Ferrero, A.,; Lucas Alonso, P. (2012). “Utilización de componentes neutros de construcción en Latinoamérica”. Revista *INVI*, 27(76), 147-175

NOTAS BIOGRÁFICAS DE LAS AUTORAS

Carmen GOMEZ MAESTRO es arquitecta y dirige la carrera Restauración de Bienes Patrimoniales en Duoc UC Valparaíso y el Diplomado en Construcción en Tierra de la Universidad Católica de Chile. Miembro de PROTERRA, colabora con distintas oficinas y constructoras en proyectos de intervención y manejo de bienes patrimoniales y construcciones de tierra.

Amanda RIVERA VIDAL es arquitecta chilena dedicada a la investigación, docencia y trabajo práctico sobre arquitectura y tecnologías de tierra. Investigadora asociada al LabMat de la EPSEB-UPC. PhD (C) por la Universidad de Cagliari y la Universidad Politécnica de Cataluña, vicepresidenta del ICOMOS-ISCEAH, miembro experto de ICOMOS-CIAV, ICOMOS Chile y miembro de PROTERRA.

LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN EL MAPA CURRICULAR DE LA LICENCIATURA EN ARQUITECTURA, EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA. REFLEXIONES Y PROYECCIONES SOBRE LA EXPERIENCIA DOCENTE

María Lucía BLANCO CANALES, Facultad de Arquitectura Unidad Saltillo, Universidad Autónoma de Coahuila (lucia_blanco@uadec.edu.mx)
Iván Alejandro LÓPEZ NIETO, Facultad de Arquitectura Unidad Saltillo, Universidad Autónoma de Coahuila (lopez.ivan@uadec.edu.mx)

RESUMEN

La ausencia de la enseñanza del adobe, sistema constructivo tradicional de mayor presencia en la región era una carencia importante en la formación de profesionales de la licenciatura en arquitectura de la Universidad Autónoma de Coahuila (UA de C). El plan de estudios 868 incluyó, por primera vez en el mapa curricular, la asignatura *Arquitectura de Tierra, de la materia a la Arquitectura* en el 2019, como parte del bloque de materias Urbano-Ambiental. La enseñanza del uso de tierra como una alternativa de construcción respetuosa del entorno, promueve la responsabilidad en la gestión de los recursos y supone un importante ahorro energético.

La metodología de enseñanza 'aprender haciendo', permite combinar la teoría con la práctica, privilegiando el aprendizaje sensorial, la caracterización de la tierra y el desarrollo de los diferentes procesos constructivos. Procura un acercamiento mediante proyectos a nivel regional, y muestra los alcances a nivel nacional e internacional del movimiento de construcción con tierra que, además de edificar espacios, consolida comunidades. Entender el funcionamiento de la materia tierra como material constructivo, y los sistemas constructivos tradicionales, además de promover la conciencia ambiental, brinda la posibilidad de intervenir asertivamente y conservar el patrimonio edificado.

INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tierra ha estado presente en el planeta desde las primeras civilizaciones. Si bien hace apenas quince años el departamento de Energía Norteamericano, declaraba que el 50% de la población mundial vivía en edificaciones de tierra cruda (Fontaine y Anger, 2009), no puede negarse que el uso de materiales constructivos industriales predomina hoy en la construcción a nivel global, como tampoco se niega que la industria de la construcción es considerada como una de las principales fuentes de contaminación, que afecta negativamente ya sea directa o indirectamente al medio ambiente (Enshassi et al, 2014). La crisis ambiental planetaria, caracterizada por el calentamiento global y el cambio climático, pareciera no tener eco en el ámbito educativo del gremio de la arquitectura. Se considera que son las instituciones educativas de nivel superior, con énfasis en las escuelas públicas, sobre quienes recae la responsabilidad de formar profesionales capaces de enfrentar los retos actuales.

Al considerar las estadísticas brindadas por el Sistema Educativo Nacional 2020-2023 sobre la educación superior en México, frente al total de población nacional de 126 millones de personas (Censo INEGI, 2020), menos del 15% de la población accede a formación profesional. Quienes tienen ese privilegio deben adquirir, además de conocimientos técnicos, la conciencia del compromiso que significa ante la sociedad convertirse en profesionales.

Saltillo es una localidad en cuyo centro histórico predominan las edificaciones en adobe. Era incongruente que no se incluyera formalmente el estudio de los sistemas constructivos tradicionales de la región, en la formación profesional de los arquitectos. En esta sociedad de consumo y descarte, se pierden el patrimonio edificado y el saber hacer constructivo, que dejó de transmitirse hace algunas generaciones.

Trabajar desde las instituciones educativas para recuperar, valorar y difundir el uso de los sistemas tradicionales constructivos con tierra, es vital para lograr cambiar la escala de su conservación.

1. LA TIERRA EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA UNIDAD SALTILLO (FARQUS)

1.1. ANTECEDENTES

La tierra, abordada como materia prima, ha sido importante en la FARQUS desde hace años. A finales de la década de 1980, el Arq. Jesús Velázquez Lozano fue pionero en la investigación sobre el "adobe mejorado", o "adobe mecanizado", como se conocía en la región al BTC (bloque de tierra compactada). Su labor coincidió con esfuerzos realizados en otras latitudes, que buscaban dar una oportunidad de competencia en el mercado con un producto de tierra más estandarizado (Lietar y Misse, 2022). Son innumerables las investigaciones y proyectos que dirigió como líder del Cuerpo Académico de Tecnología en Arquitectura. Desde entonces, el Laboratorio de Materiales de la FARQUS, es un lugar donde acuden estudiantes con inquietudes por este material constructivo. A la fecha, la doctora Libertad Muñoz Jiménez es la coordinadora de dicho espacio.

1.2. FORMULACIÓN DE LA CARTA DESCRIPTIVA DE LA ASIGNATURA

El antecedente mencionado, fue tomado en cuenta en la revisión del plan de estudios para la reforma curricular del año 2016 y en el 2017, se propuso el desarrollo de una carta descriptiva que presentara a la tierra como material constructivo, abordando su historia y universalidad, con especial énfasis en su caracterización. Consistió en un programa ambicioso, que fue formulado en su origen por la Mtra. Lucía Blanco, con la colaboración de las Maestras Alba Rivero y Mirta Sosa, todas especialistas graduadas de CRATerre. Se tomó como base lo aprendido durante la formación profesional de DPEA Terre, así como el programa de estudios llevado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de San Miguel de Tucumán, Argentina.

Núcleo de Diseño	Núcleo de Edificación y Tecnología	Núcleo de Representación	Núcleo Teórico Humanista	Núcleo Urbano Ambiental
•Fundamentos básicos de diseño, 1° •Diseño básico aplicado. 2° •Taller Integral I. 3° •Taller Integral II. 4° •Taller Integral III. 5° •Taller Integral IV. 6° •Taller Integral V. 7° •Taller Integral VI. 8° •Taller Terminal I. 9° •Taller Terminal I. 10°	•Matemáticas. 1° •Estática. 1° •Resistencia de materiales. 2° •Fundamentos de construcción. 2° •Geomática. 2° •Procedimientos de contrucción. 3° •Análisis estructural. 3° •Estructuras de concreto I. 4° •Instalaciones hidrosanitaria y gas. 4° •Estructuras de acero. 5° •Instalación eléctrica o intercomunicaciones. 5° •Costos I. 5° •Costos 2. 6° •Estructuras de concreto II. 6° •Instalaciones especiales y acondicionamiento de aire. 7° •Administración y organización de obras. 7° •Taller de proyectos ejecutivos. 8° •Instalaciones especiales. 8° •Integración de paquetes de obra pública. 9°	•Dibujo natural, 1° •Dibujo técnico. 1° •Geometría descriptiva y tridimensional. 1° •Bocetos. 2° •Dibujo arquitectónico. 2° •Maquetas. 3° •Laboratorio de CAD. 3° •Laboratorio de modelado. 4° •Comunicación arquitectónica 5° •Modelación digital. 9°	•Arquitectura como Arte I. 2° •Arquitectura como Arte. Renacimiento al siglo XIX. 3° •Teoría de la Arquitectura. 3° •Arquitectura Moderna y Contemporánea siglo XX. 4° •Tendencias de la Arquitectura Moderna. 4° •Arquitectura Mexicana. 5° •Elementos de la Arquitectura Regional. 6° •Métodos y Técnicas de Investigación. 7° •Ciudadania y Derechos Humanos. 7° •Seminario de Titulación. 8°	•Ciencias del Entorno Ambiental 1° •Ciencias del Entorno Ambiental II. 2° •Fundamentos del Urbanismo. 4° •Urbanismo. 5° •Sensibilización y Cultura Ambiental. 6° •Geometría Solar y Arquitectura. 7° •Componentes del Paisaje Urbano. 7° •Arquitectura de Tierra. 7° •Arquitectura Bioclimática en Zonas Áridas. 8° •Eficiencia Energética. 9° •Taller de Proyectos Urbanos. 9°

Figura 1. Asignaturas del plan 868, Arquitectura de Tierra se ubica en el núcleo Urbano-Ambiental.

El diseño de la asignatura y los procesos administrativos para su registro llevaron esfuerzo, gracias al apoyo del entonces director, el Arq. Francisco Aguirre, y del secretario académico, el Arq. Ramiro L. Dávila, se logró impartir en las aulas, a partir del ciclo escolar agosto-diciembre del 2019, con la primera generación cursante del plan de estudios 868. Dicho plan se organizaba en cinco núcleos de conocimiento: diseño, edificación y tecnología, representación, teórico humanista y el urbano ambiental, siendo este último en donde se integra la asignatura, como se describe en la figura 1.

Uno de los retos iniciales fue el de consolidar un grupo de docentes para impartir la clase en las 3 secciones de séptimo semestre. Este equipo fundador de trabajo se integró por los arquitectos María Lucía Blanco Canales, Jessica María Rocca Vela y Jesús Alberto Padilla Garza. El primer proceso de formación se dio entre los mismos docentes.

En aquella primera carta descriptiva, se plantearon cinco unidades a impartirse durante 64 sesiones, contando con 4 horas clase semanales, una teórica y tres prácticas. La primera unidad se ocupaba en hacer un recuento histórico, cuyo objetivo era que los estudiantes aprendieran sobre el uso de la tierra cruda como material constructivo al rededor del mundo, distinguiendo las ventajas ambientales y socioeconómicas que la definen a través del tiempo (CRATerre 1995) (Fontaine y Anger, 2009). Desde aquel primer semestre de curso, se eligió el caso de estudio de la Capilla de Santa María del Rosario, en la Hacienda Santa María, Ramos Arizpe (Fig. 2). La emblemática edificación de adobe, con 302 años de historia, es patrimonio nacional con una declaratoria de protección, emitida a través del Diario Oficial de la Federación desde octubre del año 2017.

En la segunda unidad, se exponía a los estudiantes al contacto directo con la materialidad de la tierra (Gauzin-Muller, 2018). En la búsqueda de la recuperación del uso de los sentidos, para identificar los componentes de la tierra, se efectuaban pruebas de campo que posteriormente eran validadas y complementadas mediante ensayos de laboratorio, acentuando los procesos de estabilización y compensación del material. Para entender las tres fases de la materia tierra, se propuso la realización del Test Carazas, basado en el aprendizaje sensorial, que combina el aprendizaje lúdico con generación de conocimiento científico (Carazas, 2017).

Una vez reconocidas las características de la tierra, en la unidad tres se ilustraba la diversidad de técnicas constructivas que la utilizan como materia prima. Se incluyó el estudio de los cuatro sistemas tradicionales constructivos de tierra con mayor vigencia en la actualidad: el adobe, el tapial, el bahareque y la tierra amasada (bauge, cob). Del mismo modo se exponía la técnica del BTC, como ejemplo de un proceso más estandarizado y mecanizado. De cada sistema se trabajan principios básicos de diseño, estructura y mantenimiento. Esta unidad culminaba con aspectos referentes a los acabados de tierra y de cal, al considerar sistemas integrales constructivos, ya que no se puede hablar de una buena arquitectura de tierra sin la metáfora de unas buenas botas, un buen sombrero y una buena capa.

En la unidad cuatro se presentaba el principio de aprender de lo antiguo para resolver necesidades actuales y futuras, mediante el acercamiento a las edificaciones existentes. Se procuró trabajar en consonancia con los estándares y procedimientos establecidos por el Instituto Nacional de Antro-

Figura 2. Capilla de Santa María del Rosario, Ramos Arizpe, Coahuila.
© Samuel Cárdenas Valdés.

pología e Historia (INAH), en su papel de responsable de salvaguardar el patrimonio material mexicano. Así, se buscó brindar a los alumnos los lineamientos básicos para la identificación de las patologías presentes, y para el planteamiento de un buen diagnóstico. La intención de enseñar la importancia del uso de materiales afines a la tierra para su restauración y mantenimiento (CRATerre 2018), es la recuperación y promoción de técnicas adecuadas de intervención de inmuebles de este tipo, intentado contrarrestar la aplicación de materiales no compatibles, una mala práctica muy común en la región actualmente. Con esto se pretende, ayudar a mejor envejecer a estos entes que forman parte de los paisajes urbanos y rurales.

En la unidad cinco, que versaba sobre la arquitectura bioclimática, reflexionaba sobre la relación intrínseca de los espacios construidos con el paisaje. Se daba ejemplo del valor de la arquitectura vernácula en los diferentes ecosistemas, donde suele tener una sinergia con el entorno, los materiales y el clima, así como los valores culturales y sociales que hacían única cada arquitectura, bien adaptada a sus condiciones (Neila, 2015). Se incluía también la enseñanza del uso de software, como *Climate Consultant*, que facilita estrategias de diseño bioclimático, una herramienta sumamente útil para el desarrollo de cualquier proyecto arquitectónico.

La contingencia sanitaria, ocasionada por la pandemia de COVID19, supuso retos para el trabajo y participación en equipo. La modalidad virtual se impuso por la seguridad de todos, y desde la dirección de la Facultad se decidió generar una cuarta sección para manejar grupos más pequeños y así disminuir los riesgos. De esta manera se incorporó, al Equipo Tierra, el Arq. Daniel Alejandro Chaparro Valdez. Cabe señalar que, aún en pandemia, no se suspendieron las prácticas de caracterización de la tierra, que consisten en realizar las pruebas de campo y el Test Carazas, bajo la certeza de que la arquitectura de tierra se aprende haciendo (Fig. 3).

Durante los últimos 5 años se requirió el reclutamiento de otros colegas docentes como la Arq. Myriam Elizabeth Mery Ruiz, el Arq. Joaquín Osvaldo Velázquez Gutiérrez y la Arq. Laura Itzel Castañeda Solís. Para cumplir con el requisito universitario de contar con planes homologados en las carreras entre las unidades, la Escuela de Arquitectura de la Unidad Torreón integró la materia en sus clases en el ciclo escolar agosto-diciembre del 2021. Desde entonces, el Dr. Alleck J. González Calderón ha impartido la materia en dicho centro educativo. El hecho de que la asignatura se imparte en los campus Saltillo y Torreón de la Universidad Autónoma de Coahuila, supone por sí mismo un cambio en la escala geográfica de impacto de la asignatura Arquitectura de Tierra como proyecto educativo.

La reforma curricular del año 2023 generó un análisis exhaustivo de la pertinencia y aportaciones de las asignaturas de cada núcleo de conocimiento. Como resultado de este trabajo reflexivo, la materia se moverá del séptimo al sexto semestre, y aumentará el número de horas clase de 4 a 6 horas semanales, 2 teóricas y 4 prácticas.

Además de posicionarse en el núcleo de Edificación y Tecnología, dejando atrás el Urbano Ambiental, lo cual se aprecia en el mapa curricular del nuevo Plan A28 (Fig. 4). Se buscó eliminar duplicidad en los contenidos temáticos y se generaron ajustes a aquella carta descriptiva original. En la figura 5, se indica la propuesta de contenido modificada, que entrará

Figura 3. Test Carazas, Planta piloto FARQUS. Durante la pandemia del COVID 19, octubre 2020.

Figura 4. Mapa curricular Plan A28, cortesía del comité de reforma curricular de la FARQUS.

en vigor con la generación que inicia el ciclo escolar en agosto del 2024, mostrando los objetivos específicos por unidad, así como el despliegue de los temas.

Como parte de este trabajo de planeación, se logró una sinergia productiva entre la materia de Elementos de Arquitectura Regional y la de Arquitectura de Tierra, dejando aspectos históricos locales en la primera para dar espacio a más horas de práctica en la segunda. Además, se identificó que los aspectos bioclimáticos de la arquitectura de tierra, abordados en la unidad 5, ya quedaban cubiertos por la materia de Arquitectura Bioclimática en Zonas Áridas. Esto permitió agregar contenidos sobre Fundamentos de Diseño y Principios Estructurales, con el que se incluía el estudio de sistemas de cubiertas que no estaban presentes en la primera propuesta.

A pesar de los cambios en la carta descriptiva, no cambia la esencia de esta asignatura: brindar bases teórico-prácticas, dar un panorama amplio y, sobre todo, sembrar inquietud en los estudiantes. Aunque un semestre es poco tiempo para volverse un experto, es suficiente para sensibilizarse y promover la conectividad con otros centros de estudio y/o trabajo que impulsan la arquitectura de tierra.

UNIDAD	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTENIDO TEMÁTICO
Unidad 1. Introducción a la Arquitectura de Tierra	El estudiante aprenderá sobre la historia de la Arquitectura de tierra cruda en el mundo, distinguiendo las ventajas ambientales y socioeconómicas que la definen a través del tiempo.	1.1 La presencia universal de la Arquitectura de Tierra. 1.2 Ventajas medioambientales de la tierra como materia para edificación. 1.3 Las grandes civilizaciones, estudio de las influencias y las transferencias tecnológicas. 1.4 La rueda de las técnicas.
Unidad 2 La Tierra materia prima, el análisis de su composición y los procesos de compensación, consolidación y estabilización.	El estudiante comprenderá la composición básica de la materia y su comportamiento frente a los elementos naturales; manipulará la materia tierra para determinar sus características cuantitativas y cualitativas desde una visión científica, basada en el aprendizaje sensorial y reafirmada por análisis de laboratorio. Proporcionar a los alumnos una comprensión de los principios de la estabilización de la tierra cruda como materia prima de construcción, incluida la estabilización física, mecánica y química.	2.1 Estudio tecnológico del material: origen, composición, identificación. 2.2 Propiedades esenciales. 2.3 Identificación y verificación de comportamiento: 2.3.1 Pruebas de campo. 2.3.2 Ensayos de laboratorio. 2.4 Formas de mejoramiento: estabilización física, mecánica, química. 2.5 Test Carazas, las tres fases de la materia tierra
Unidad 3 **Sistemas constructivos integrales.**	Garantizar que los estudiantes tengan una comprensión integral de cada uno de los sistemas constructivos en la arquitectura de tierra vigentes en la actualidad.	3.1 Técnicas constructivas: 3.1.1 Adobe 3.1.2 Tapial 3.1.3 Bajareque 3.1.4 Tierra amasada (bauge/cob) 3.1.5 BTC 3.2 Revestimientos y acabados 3.2.1 Acabados base tierra 3.2.2 Acabados base cal
Unidad 4 **Fundamentos de diseño y principios estructurales.**	Dotar a los estudiantes del conocimiento y las habilidades para analizar y diseñar estructuras de tierra estables y duraderas que puedan soportar los efectos del intemperismo, El alumno tendrá nociones básicas sobre los sistemas de cubiertas adecuados para este tipo de estructuras.	4.1 Estrategias básicas de diseño 4.2 Principios estructurales básicos 4.2 Cubiertas 4.2.1 Arcos, bóvedas y cúpulas. 4.3.2 Bóveda nubia. 4.3.3 Terrado 4.3.4 Vigueta y bovedilla con materiales naturales.
Unidad 5 **Patologías, conservación y mantenimiento.**	El estudiante aprenderá a realizar un diagnóstico crítico del estado de las edificaciones de tierra.	5.1 Lesiones en los edificios, formato de diagnóstico: 5.1.1Humedades 5.1.2 Flora y fauna dañinas 5.1.3 Grietas y fisuras 5.1.4 Suciedad 5.2 Uso de materiales afines 5.3El mantenimiento periódico como garantía de permanencia en el tiempo
Unidad 6. Estudio de casos	Dar a los estudiantes la oportunidad de observar y analizar ejemplos de proyectos exitosos de arquitectura de tierra, reconociendo el trabajo de arquitectos contemporáneos reconocidos a nivel internacional. Esta unidad enfatiza la aplicación práctica de los conocimientos teóricos adquiridos en las unidades anteriores, generándose la salida de campo con el campamento de bioconstrucción al Proyecto Agroecológico, Rancho El Chuzo.	6.1 Arquitectura de tierra contemporánea, presentación de proyectos galardonados, exponiendo el proceso conceptual y constructivo personificando al Arquitecto diseñador. 6.2 Excursión (campamento)

Figura 5. Unidades de la carta descriptiva asignatura Arquitectura de Tierra Plan A28.

2. DATOS SOBRE EL IMPACTO DE LA ASIGNATURA

2.1. POBLACIÓN ESTUDIANTIL ALCANZADA

En retrospectiva, a cinco años de haber iniciado este proceso, hoy en día hay 540 personas que han recibido educación formal sobre la arquitectura de tierra como una alternativa viable de construcción. En un muestreo con alumnos egresados que cursaron la materia, se recibieron retroalimentaciones positivas, incluso para algunos, el saber de esta arquitectura les ha brindado oportunidades laborales. Están convencidos de la necesidad de recuperar el uso de la tierra en la construcción, lo ven viable hoy, y son conscientes de los retos que tienen por delante. Además de la población estudiantil, y no de menor importancia, se debe remarcar que ocho docentes han impartido la materia, y han abierto sus horizontes al impartir una asignatura como esta, que ellos mismos no habían cursado.

2.2. TRABAJOS DE TESIS DE LICENCIATURA

En un análisis del catálogo de Tesis de Licenciatura del Departamento de Titulación de la FARQUS, se identificaron trabajos relacionados con la arquitectura de tierra, así como propuestas de restauración de inmuebles patrimoniales de adobe, además de investigaciones precisas sobre acabados de tierra y pinturas a la cal, entre otros. Hurgando desde el 2012 hasta el 2018, se localizaron 6 tesis, del 2019 al 2023, 13, es decir, en cinco años se ha duplicado el interés del alumnado por desarrollar trabajos relacionados con la tierra, para obtener el título de arquitecto.

Es necesario poner en valor la labor de los arquitectos Arturo Villarreal, Marco Flores e Isaías Reyna, docentes especialistas en restauración quienes han tenido también un eco remarcable con el alumnado, su trabajo, aunado a la aceptación de la asignatura de tierra son, sin lugar a duda, una buena mancuerna docente.

2.3. COLABORACIONES

2.3.1. Taller Terra

La presencia de esta asignatura ha impulsado procesos importantes en la FARQUS. Uno muy significativo es la creación del Grupo Estudiantil Taller Terra, en 2020. Cinco estudiantes con iniciativa propusieron generar un grupo en donde sus integrantes investiguen, experimenten y compartan los beneficios de esta arquitectura, desde su punto de vista es información que más personas deberían conocer. Concebido para realizar actividades presenciales, migró a un plano virtual debido al COVID 19. Los fundadores de este grupo estudiantil fueron: Karina Saldaña, Gloria López, Fernanda Macías, Favio Estrada y Edgar Cortés (Fig.6).

Taller Terra, se ha mantenido vigente a través de los años, como una figura autónoma y organizada. Al término de la pandemia, se retomaron las actividades presenciales por ellos gestionadas, ofertando excursiones, charlas, talleres y concursos entre la población estudiantil de la FARQUS (fig. 7). Uno de los eventos que se han institucionalizado es el Concurso de Dorodangos. En la emisión del 25 de abril del 2023, el jurado calificador trascendió de los muros de la FARQUS.

Figura 6. Fundadores del grupo estudiantil Taller Terra, presentación en Rectoría UAdeC.

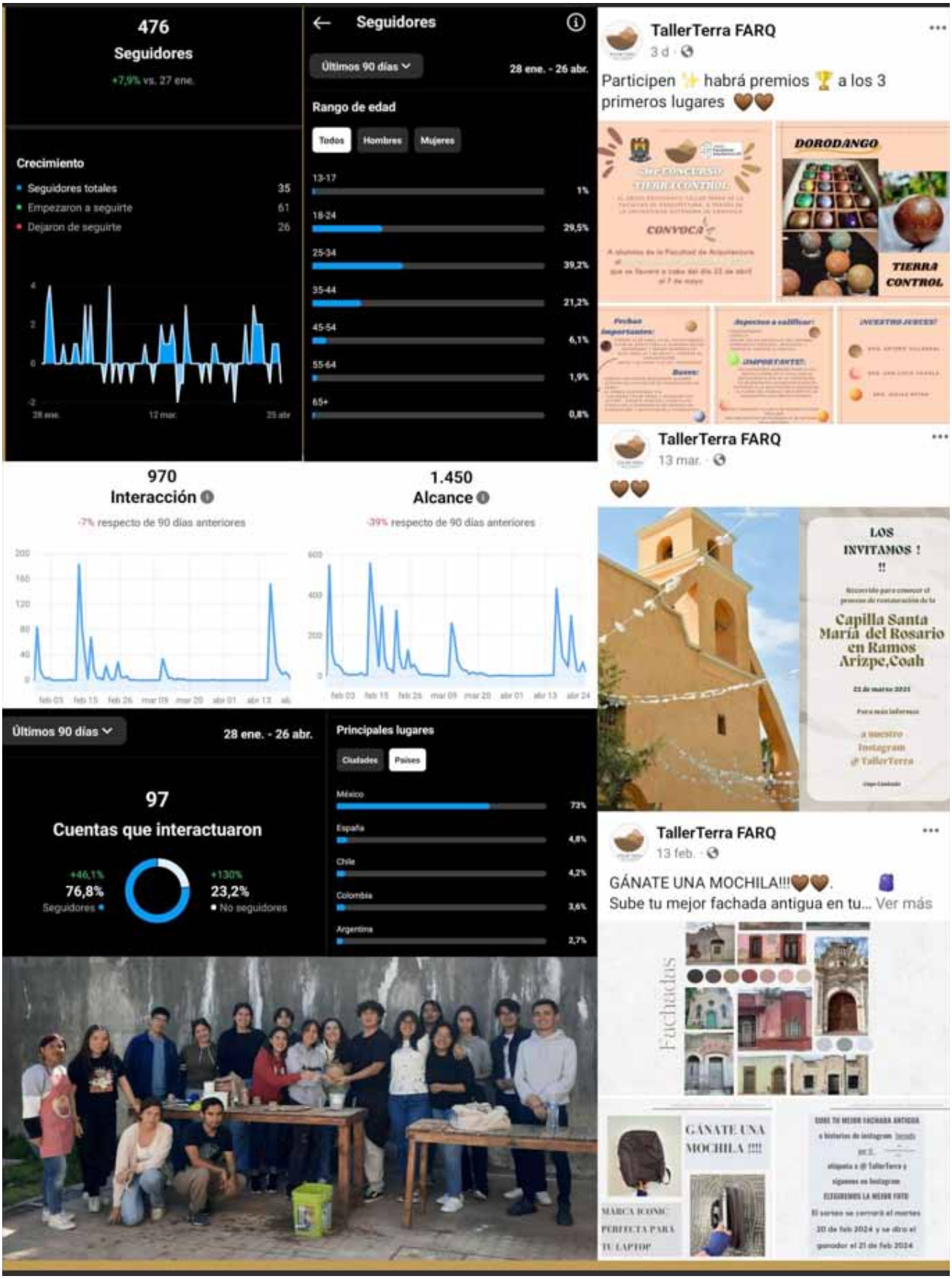


Figura 7. Actividades y estadísticas de la presencia en redes sociales del Taller Terra en la actualidad.

Además de las arquitectas del equipo de tierra y algunos alumnos de semestres avanzados, contó con la presencia del Arq. Pedro Pizarro, bioconstructor y artista plástico, que reside de la Alta Mixteca oaxaqueña. De manera virtual, asistió la Arq. Nallely Ramírez, docente de la carrera de arquitectura en el Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad de México, seguidora del Taller en sus redes sociales. Esto demuestra que este tipo de herramientas, con el debido cuidado, son importantes para lograr el cambio de la escala de impacto hacia lo nacional.

calificador trascendió de los muros de la FARQUS. Además de las arquitectas del equipo de tierra y algunos alumnos de semestres avanzados, contó con la presencia del Arq. Pedro Pizarro, bioconstructor y artista plástico, que reside de la Alta Mixteca oaxaqueña. De manera virtual, asistió la Arq. Nallely Ramírez, docente de la carrera de arquitectura en el Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad de México, seguidora del Taller en sus redes sociales. Esto demuestra que este tipo de herramientas, con el debido cuidado, son importantes para lograr el cambio de la escala de impacto hacia lo nacional.

Cuando el coordinador o coordinadora del Taller Terra, llega a los semestres de la tesis, se transfiera esta encomienda a un estudiante de semestres inferiores. Del grupo fundador fungió como cabeza Karina Saldaña, seguida por Juan T. Bonilla. La siguiente directiva se conformó por Celeste Hernández y un equipo de subcoordinadores: Alfredo González, Ángela Castillo y Diego Román. Luego se pasó la batuta a Belén Morales, Ahtziry Blanco y Aranza Guzmán, quien a la fecha funge como coordinadora.

En los últimos tres años, este grupo estudiantil ha mantenido una lista de miembros activos de 25 estudiantes, algunos permanecen durante varios semestres hasta que llegan a la tesis o se gradúan, algunos inclusive mantienen el vínculo ya como arquitectos. Hasta ahora 70 estudiantes han participado como miembros desde la creación de este grupo estudiantil.

2.3.2.- Proyecto Agroecológico Rancho El Chuzo

El proyecto Agroecológico Rancho el Chuzo, en General Cepeda, Coahuila, es un proyecto familiar autogestivo, fundado por Bernardo García Jiménez en el año 2001. Concebido bajo los principios de la permacultura, este espacio ubicado en el semidesierto chihuahuense, ofrece la oportunidad de tener un acercamiento a la vida en el campo. Es un espacio donde se exponen los logros en un proceso de autoconstrucción, además de la aplicación de ecotecnias en el ámbito cotidiano: uso de baño seco, recolección y captación de agua de lluvia, uso de fotoceldas para la generación de energía eléctrica, búsqueda de la autosuficiencia alimentaria con proporción guardada y la conciencia de aprovechar los recursos sin generar basura.

La realización de un campamento didáctico en El Chuzo se lleva a cabo cada semestre desde octubre del 2017, incluso antes de que se implementara la asignatura. En un inicio asistieron alumnos de segundo semestre que cursaban Ciencias del Entorno Ambiental II, otra de las asignaturas del núcleo Urbano-Ambiental. Una vez instaurada la asignatura de Arquitectura de Tierra, se extendió la invitación al séptimo semestre, convocando a toda la generación. Esta visita se ha vuelto, sin duda, una de las actividades más esperadas dentro del plan de trabajo de Arquitectura de Tierra, de cuya experiencia se ha dado cuenta en una publicación anterior (Blanco, 2020).

2.3.3.- Financiamiento gubernamental

Durante los años 2021 y 2022, se realizó el proyecto "*Arquitectura, arte y permacultura: la formación de conocimiento, habilidades y valores; recuperando saberes marginados que impulsen proyectos agroecológicos de comunidades rurales*", donde colaboraron la Facultad de Arquitectura US, la Coordinación General de Difusión y Patrimonio Cultural de la Universidad Autónoma de Coahuila y El Rancho El Chuzo. Se llevó a cabo gracias al apoyo del Fondo FORDECYT-PRONACES, obtenido en la convocatoria para el establecimiento de la Red de Espacios de Acceso Universal al Conocimiento Científico, Tecnológico y Humanístico a Través del Arte, emitida en noviembre del 2020.

En dicho evento, un centenar de jóvenes universitarios de diferentes disciplinas, participaron de las actividades que se realizaron en este proyecto: dos talleres de bioconstrucción, uno sobre la valoración de los usos y costumbres, y uno más sobre productividad, todos con el enfoque del rescate de los saberes tradicionales. El libro titulado *La búsqueda del buen vivir, Jóvenes universitarios aprendiendo con el proyecto El Chuzo* (Blanco y Contreras, 2022) y el documental Saberes del desierto autoría de Reginaldo Chapa (2022), son los dos entregables que materializan las experiencias vividas durante los talleres.

Aunque este proyecto no está directamente enlazado con la enseñanza de la arquitectura de tierra, es un ejemplo de los esfuerzos que se realizan para su difusión, teniendo a la Universidad como plataforma. Además, se vislumbra un parámetro importante al considerar el interés de la máxima institución de humanidades, ciencia y tecnología a nivel nacional en apoyar este tipo de proyectos.

Este proyecto dio pie a una participación en el Congreso-Coloquio internacional "Hábitat Excavado y Paisaje Cultural", junto con la Universidad de Granada, en marzo de 2022. José Luis García, María Lucía Blanco y Ana Sofía Rodríguez presentaron la ponencia *La puesta en valor de los oficios y saberes rurales del semidesierto en General Cepeda (Coahuila, México). Una aproximación desde la permacultura*.

2.3.4 - Coordinación General de Difusión y Patrimonio Cultural de la UA de C

El trabajo colaborativo entre la CGDPC a través de su Área de Gestión e Investigación del Patrimonio Cultural y la FARQUS es fructífero desde el 2018. La participación en el proyecto multidisciplinario universitario *La Recuperación del Itinerario Cultural del Camino Real de Coahuila y Texas, Desde una Perspectiva Cultural, Social y Académica* gestado y liderado por la Mtra. Ana Sofía Rodríguez Cepeda.

2.3.4.1 - Restauración de la Capilla de Santa María del Rosario

En los años 2018 y 2023, se llevaron a cabo intervenciones de restauración de la Capilla de Santa María del Rosario, en la Ex Hacienda Santa María en Ramos Arizpe, Coahuila, esto fue posible gracias a la colaboración de Instituciones Gubernamentales, la Asociación Civil Alternativos sin Fronteras y la UA de C. El acompañamiento del proceso a cargo de la empresa restauradora Raedificatoria, dirigida por el Dr. Jorge Segovia, sirvió como una obra escuela, en donde los estudiantes tuvieron la oportunidad de testimoniar la restauración de un inmueble considerado Patrimonio de la Nación. Cabe señalar que la obtención de la declaratoria de protección es uno de los logros del proyecto mencionado.

2.3.4.2 - Excursión Escolar Vive tu Patrimonio

Tras los años de trabajo con la Comunidad Ex Hacienda Santa María, se implementó un programa educativo dirigido en un inicio, a niños de educación básica, al coincidir con el libro de texto de tercer grado de primaria: *Coahuila la Entidad donde Vivo*, en donde se hablaba del Camino Real y aparecía el adobe en una de sus páginas. Actualmente se reciben grupos de todos los niveles educativo. Formulado para acercar a niños, adolescentes y jóvenes al patrimonio cultural. En la figura 8, se observan someramente las actividades desarrolladas. Del inicio del programa, hasta la fecha se cuentas 688 personas sensibilizadas.

2.3.4.3 - Mural Altar a las lágrimas contenidas

El 7 de diciembre del 2023, fue inaugurado por el entonces Rector de la UA de C, Ing. Jesús Salvador Hernández Vélez el Mural Altar a las lágrimas contenidas (Fig. 9), obra plástica de la Arq. Jessica Rocca Vela, una de las docentes integrantes del grupo de maestros de la asignatura. El mural construido a base de maderables silvestres de la región y de tierras colectadas en diferentes municipios del Estado, está en la explanada oriente de la Coordinación General de Difusión y Patrimonio Cultural de la UA de C. Durante su elaboración, se sumaron cincuenta pares de manos, entre estudiantes de la FARQUS, docentes, administrativos e inclusive miembros de la sociedad.

Vive tu patrimonio
La excursión escolar a la comunidad Hacienda de Santa María, busca establecer en la currícula de educación básica y media, el espacio que permita a niños y adolescentes vivir su patrimonio cultural, conociéndolo y disfrutándolo, trabajando "in situ", palpando sus cualidades, jugando y valorándolo en toda su dimensión; integrando a su aprendizaje, la trascendencia que tiene tanto en la historia del estado de Coahuila, como en el vínculo de identidad que genera en cada individuo con su entorno y con su propia historia de vida.
Actividades
• Charla: Historia y patrimonio en el Camino Real.
• Videos: 1ra etapa de restauración de la capilla de Santa María y Fiesta de Santa María.
• Taller: La magia que esconde la arquitectura de tierra. ¿Qué es el adobe?
• "Aprendiendo con la comunidad".
• Taller de Tallado de lechuguilla y usos del ixtle.
• Recorrido semi-desierto para conocer las plantas endémicas y sus usos.
• Recorrido para descubrir sobre el manejo de animales de traspatio (cabras y gallinas).
Ejercicio de arte
Una obra que será realizada en casa con una reflexión personal sobre lo vivido y se presentaran en el aula de clases de su escuela el lunes siguiente a la actividad.

Figura 8. Tríptico Excursión Vive Tu Patrimonio, Hacienda Santa María. Ramos Arizpe, Coah. GIPC.

Figura 9. Capilla de Santa María del Rosario, Ramos Arizpe, Coahuila.
© Periódico Vanguardia 2023.

Que la tierra esté presente en la cuna de la cultura universitaria, es un paso importante para su difusión. El espacio donde se encuentra es utilizado para realizar conversatorios, talleres, inclusive como aula, al tener un lienzo vivo para exponer las posibilidades estéticas de los acabados en base tierra.

3. CONCLUSIÓN

Con los años que han sido necesarios para instaurar la enseñanza de la Arquitectura de tierra en la FARQUS, se han obtenido logros importantes y aprendizajes invaluables. Se ha consolidado un grupo de trabajo que forma comunidad.
Como todo proceso dinámico, el impartir la asignatura de Arquitectura de tierra ha conllevado retos, una constante autoevaluación es necesaria para alcanzar un nivel de educación de calidad. El trabajo colegiado de los docentes involucrados en el núcleo de conocimiento, así como la retroalimentación de los alumnos de cada grupo que cursa la materia, plantea cuestionamientos y propone mejoras.

La reforma curricular de 2023 evaluó favorablemente la asignatura. El reubicar la materia en el Núcleo de Edificación y Tecnología, y obtener dos horas suplementarias por semana, para aumentar el trabajo práctico, es prueba de su aceptación, en buen camino hacia el cambio de escala. Sin duda alguna, la presencia de esta materia ha sido un elemento catalizador que impulsa, teniendo a la Universidad como plataforma, muchos frentes de trabajo que abogan por la recuperación del uso de la tierra.

El incremento de temas de tesis relacionados con la construcción con tierra en los últimos años, es un factor que determina el logro de inculcar la necesidad de continuar con la investigación y desarrollo de proyectos en las nuevas generaciones. La colaboración entre Escuelas, Facultades y Dependencias de la UA de C permite aumentar el impacto, llegando no solo a universitarios sino a la sociedad en general.

Frente a un panorama global incierto, plagado de retos ambientales, sociales, culturales y económicos, la luz al final del túnel tiene un interruptor llamado educación. La implementación del estudio formal de la arquitectura de tierra en la licenciatura en arquitectura es una de las muchas estrategias necesarias para lograr el cambio de escala.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, L. (2020) La Arquitectura de Tierra, un Saber que se Aprende Haciendo. Experiencia compartida en Rancho Agroecológico "El Chuzo", General Cepeda, Coahuila. Universidad Autónoma de Coahuila Dirección de Investigación y Posgrado CienciAcierta No. 63 julio - septiembre 2020 Recepción de artículo 12 febrero 2020 Artículo aceptado 4 junio 2020 ISSN: 2683-1848

Blanco, L. y Contreras, C. Coordinadoras. (2022). Buscando el arte del buen vivir, Jóvenes universitarios aprendiendo con el proyecto El Chuzo.

Carazas Aedo, W. (2017), *Test Carazas, manual pedagógico*. Edición A+ Terre. Guadalajara Jalisco, México.

CRATerre (2018), *Réhabiliter le pisé, vers les practiques adaptées*, Francia.

Chapa, R. (director). (2022). Saberes del desierto. [Documental; video online]. Chapa Producciones. https://youtu.be/TQg5ln6OBjo?si=Iah-31jgyrD9DRPL

Enshassi, A., Kochendoerfer, B, y Rizq, E. (2014). « Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción ». Revista *ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254.

Fontaine, L. y Anger, R. (2009). *Bâtir en terre du grain de sable a l'architecture*. Francia.

Gauzin-Muller, D. (2018). *Architecture en terre d'aujourd'hui*. Francia

Lietar, V. y Misse, A. (dir.) (2022). R*ègles professionnelles Blocs de Terre Comprimée (BTC) Mayotte*. Villefontaine : CRAterre. 165 p.

CRATerre (1995). *Traité de Construction en Terre*, Segunda edición. Francia.

Neila, F.J. (2015). *Miradas bioclimáticas a la arquitectura popular del mundo*. Universidad Politécnica de Madrid.

Periódico Oficial TOMO CXXIV, Saltillo, Coahuila, martes 10 de octubre de 2017, Número 81. Declaración de Zonas Protegidas los sitios históricos de la antigua Hacienda Santa María, en Ramos Arizpe, Coahuila de Zaragoza.

NOTAS BIOGRÁFICAS DE LOS AUTORES

María Lucía BLANCO CANALES. DPEA Terre, CRATerre ENSAG 2000. Arquitecta por la FARQUS UAdeC. 1997. Estudiante del tercer semestre del Doctorado en Arquitectura y Urbanismo de la FARQUS. Profesor de tiempo completo desde el 2017. Responsable del Área de Gestión e Investigación del Patrimonio de abril 2021 a junio 2024. Coordinadora del libro Buscando el arte del buen vivir (2022).

Iván Alejandro LOPEZ NIETO. Doctor en Geografía por la UNAM, 2018. Maestro en Geografía por el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-UNAM, 2011. Licenciado en Historia, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2009. Profesor investigador en la FARQ-US UAdeC. Integrante del Núcleo Académico Básico del Doctorado en Arquitectura y Urbanismo de la UAdeC.

TIERRA, ACADEMIA Y COMUNIDAD: PROSPECTIVAS DESDE URUGUAY.

Alejandro FERREIRO, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República (aferreiro@fadu.edu.uy)
Gabriela VAZQUEZ, Red de Bioconstrucción del Uruguay (gavazquezt@gmail.com)
Natalia VELIZ, Laboratorio de Arquitectura Andina y Construcción con Tierra, Universidad Nacional de Jujuy (nveliz@kusch.unju.edu.ar)
Helena GALLARDO, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República (gallardo.helena@gmail.com)
Bruno PALUMBO, Red de Bioconstrucción del Uruguay (brunoopalumbo@gmail.com)
Jessica MESONES, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República (jessimesones@gmail.com)

RESUMEN

Este artículo pone en discusión el accionar de la arquitectura y la construcción con tierra desde el ámbito universitario local latinoamericano y aborda su incidencia fuera de lo académico, sean estos espacios comunitarios o institucionales. La metodología empleada es diversa, incluye distintos proyectos e implica una mirada integral de los procesos que guardan relación tanto con el anclaje territorial como con las prospectivas de relacionamiento institucional. El trabajo evidencia los desafíos de las actividades en torno a este tema, a partir de acciones integrales de investigación, vinculación tecnológica y enseñanza, que habilitan el trabajo en el territorio y que propician la inclusión del tema en la agenda de las instituciones nacionales.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo analiza el recorrido de la Universidad de la República (Udelar) en relación con la arquitectura y construcción con tierra junto a otros actores de la sociedad, tanto académicos como comunitarios. Para contextualizar este trabajo, es necesario evidenciar el marco de las actividades universitarias y el medio. La formación profesional en la educación pública en Uruguay está regida por la Ley Orgánica de la Universidad de 1958, vigente hasta la fecha, que plantea que la Universidad tendrá a su cargo la enseñanza pública superior y le incumbe impulsar y proteger la investigación científica, contribuir al estudio de los problemas de interés general y su comprensión pública (Ley 12.549, artículo 2, 1958). Se asume así que el hacer universitario transitará imprescindiblemente por uno o varios de estos ejes. Por otra parte, el Estatuto del Personal Docente (Udelar, 2019) establece que las funciones docentes sustantivas son la enseñanza, la investigación y la extensión, y fomenta la integralidad de ellas, e incluso estipula su obligatoriedad de acuerdo con la dedicación horaria de los cargos docentes. Por lo anterior, el desarrollo de este artículo está íntimamente relacionado con esta concepción del accionar universitario y su compromiso con las demás personas e instituciones con las que comparte el territorio. Este trabajo presenta primeramente los antecedentes de los actores que participan de actividades relacionadas con la construcción con tierra y en una segunda parte, su interacción a partir de proyectos ejecutados, en proceso o proyectados a futuro. Finalmente, el artículo plantea un momento de discusiones y conclusiones.

1. ACTORES

A partir de 1988, la construcción con tierra resurge en Uruguay como alternativa viable, sostenible y contemporánea para la construcción del hábitat (Ferreiro y Nogués, 2016). Este escenario fue estimulado por la participación de diversos actores quienes, desde sus roles y aportes específicos, contribuyeron a potenciar la construcción tradicional en el contexto actual. La indicación de los hitos que se destacan para cada uno de los actores se representa en las figuras 1, 2, 3 y 4 de este capítulo.

1.1. SOCIEDAD

Hacia 2010, Hubert Guillaud observaba la existencia en Uruguay de un movimiento social vinculado a la construcción con tierra, reflejado en el creciente número de viviendas de este material, en particular aquellas realizadas por autoconstrucción (Etchebarne y Ruétalo, 2015; Ferreiro et al., 2014). Es de destacar que muchas de las obras en dicha modalidad suelen convertirse en talleres donde otras personas interesadas se reúnen para colaborar y especialmente para aprender (Ferreiro et al., 2018).

En la figura 1 se representa la identificación de tres hitos a nivel social. A fines de los años 1980 se produce el resurgimiento en el interés en la construcción con tierra. Su continuidad tuvo como consecuencia una consolidación general del tema a partir de 2010. El interés común de profesionales, constructores y autoconstructores, dio lugar a la organización y creación en 2019 del colectivo Red de Bioconstrucción del Uruguay. A pesar de no contar con una estructura formalizada como otras redes de la región[1], esta Red busca ser instrumento para nuclear a las personas vinculadas a la construcción con tierra en Uruguay y apoyar causas comunitarias relacionadas a la temática.

Figura 1. Esquema temporal de hitos asociados a actores de la sociedad (1988-2023).
© Autores.

1.2. CAPACITADORES

Dentro de este ítem se consideran los antecedentes tanto de la capacitación profesional como técnica. En el primer caso, el antecedente data de 1993 cuando en la Regional Norte de Udelar se inició un proceso de revalorización de la tierra como material constructivo (Etchebarne y Ruétalo, 2015). Las acciones principales se dieron con actividades de investigación y de extensión universitaria, y en 1997 se realizaron algunos cursos dirigidos a estudiantes y profesionales. En 2013 se inicia el curso «Diseño de la arquitectura con tierra»[2], en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Udelar (FADU), al que han asistido más de 400 personas en 11 años, considerando estudiantes de grado, profesionales y público en general. La formación profesional había involucrado algunos años antes el relacionamiento con el medio, a impulso de estudiantes de grado[3], mediante proyectos de extensión universitaria, y además reflejado en muchos trabajos finales de carrera donde es manifiesto el interés en la promoción de la sostenibilidad y la construcción con materiales naturales (Vázquez et al., 2018). En relación con la articulación de enseñanza, extensión e investigación, en 2021 se conforma el equipo de Tecnología de Construcción con Tierra dependiente del Instituto de Tecnologías (IT) de FADU, con el que los autores y autoras de este artículo comparten vínculo. Uno de los objetivos de este equipo es generar actividades conjuntas con el sector productivo formal y no formal vinculado al tema, así como con las instituciones nacionales y departamentales que actúan sobre el tema de la vivienda.

En 2007, la ausencia de una masa crítica de mano de obra especializada en construcción con tierra constituía una debilidad para el desarrollo de las distintas modalidades de la producción del hábitat sustentable (Casaubu, 2007). Esto comenzó a revertirse en 2009 con los «Talleres metropolitanos de construcción y el hábitat»[4], prácticas educativas dirigidas a la bioconstrucción dictadas en escuelas técnicas de la Dirección General de Educación Técnico Profesional (DGTP-UTU) e impartidas inicialmente por docentes de FADU. A partir de 2011 este curso mantuvo continuidad y se replicó en más de 10 localidades del país. Actualmente solo se dicta en Montevideo y en Maldonado, con docentes propios de la Escuela Técnica. Estos cursos capacitaron más de 800 personas en 11 años y es uno de los motivos que explica el aumento de la autoconstrucción con tierra en Uruguay (Etchebarne, 2022). Otra posibilidad de capacitación la constituye los cursos de construcción natural del Centro Uruguayo de Tecnologías Apropiadas (CEUTA), existentes hace más de siete años.

Fuera de los espacios de educación formal, existen múltiples actividades en obras de autoconstrucción en modalidad de talleres organizadas por las familias autoconstructoras. Una forma que deriva de esto surge en 2016 con la actividad de colectivos independientes dedicados a programar talleres de construcción con tierra en distintas localidades del país.

1. La Red Protierra (Argentina), la Rede Terrabrasil (Brasil) o el Gremio de Bioconstrucción (Chile), por ejemplo.

2. Véase los artículos "La enseñanza del diseño de arquitectura con tierra" (2015) y "Resultados en la enseñanza del diseño de arquitectura con tierra" (2016) disponibles en las memorias del 15 y 16 SIACOT disponibles en https://redproterra.org/es/memorias-siacot/

3. Proyecto Hornero (2004-2007) y Enterrón (2012-2014).

4. Talleres en el marco del acuerdo entre Intendencias de Montevideo y Canelones junto con FADU para la capacitación de mano de obra para autoconstrucción de viviendas con tierra, como parte del Plan de Cohesión Social y Territorial de la Cuenca del Arroyo Carrasco, financiado por la Unión Europea.

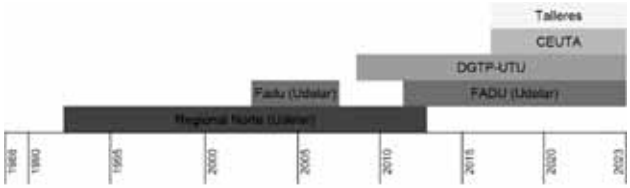


Figura 2. Esquema temporal de hitos asociados a actores de capacitación (1988-2023).

© Autores.

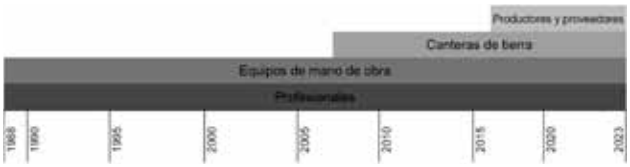


Figura 3. Esquema temporal de hitos asociados a emprendedores (1988-2023).

© Autores.

Corresponde mencionar el trabajo precursor de Bioconstrucción Uruguay que entre 2016 y 2018 nucleó más de 400 personas en torno a diferentes talleres (Ferreiro et al., 2018), apoyado en una fuerte difusión a través de redes sociales.

La superposición temporal de las actividades desarrolladas por estos actores se esquematiza en la figura 2, donde se aprecia que actualmente existen diferentes ofertas de capacitación, profesional y técnica, así como formal y no formal.

1.3. EMPRENDEDORES

Dentro de este ítem se pueden mencionar a los profesionales, a los equipos de mano de obra y a los productores y proveedores de materiales. La actividad profesional iniciada a fines de los años 1980 está vinculada necesariamente a la disponibilidad de mano de obra capacitada. A pesar de lo descrito en 1.2, buena parte de quienes hoy en día proyectan arquitectura con tierra han tenido un devenir en su formación específica a partir de la búsqueda individual (Ferreiro et al., 2018). Su trabajo implica tanto diseño y dirección de obra como asistencia técnica en obras por autoconstrucción. Se estima que los profesionales tienen participación directa en un 50% de los casos (Ferreiro et al., 2023). Es de destacar la prevalencia de mujeres profesionales en este rubro, característica que se detecta desde los primeros ejemplos.

En relación a la mano de obra, el acceso a cursos de la DGTP-UTU impulsó el aumento de equipos capacitados que se dedican a esto. Su trabajo se presenta aún de manera artesanal tendiendo a la incorporación de recursos y herramientas que permitan la optimización de las tareas en obra. Si bien la industria como tal ha estado casi ausente en el tema, han surgido emprendimientos de producción de componentes. Inicialmente, en los casos que el material o los componentes no eran obtenidos del propio terreno o autoproducidos, existía como alternativa disponer de ellos a través de canteras o ladrilleras que adaptaban su producción a nuevos requisitos. A fines de la década de 2010, inician actividades distintos emprendimientos de producción de bloques de tierra comprimida, bloques alivianados, pinturas, paneles prefabricados de paja comprimida, así como proveedores de insumos generales, máquinas y herramientas específicas[5]. Estos emprendimientos se suman a la oferta de algunas canteras, en particular en la zona costera sur de Uruguay, que disponen de vetas de arcilla utilizables para la construcción. La aparición de los diferentes actores[6] a lo largo del tiempo ofrece como resultado actual la posibilidad de complementariedad entre ellos, así como la potencialidad de interacción.

1.4. EL ESTADO

La normativa edilicia vigente en distintos departamentos de Uruguay mantiene una mirada higienista, desfasada del interés actual en la construcción con tierra, y la asocia con materiales de baja calidad o prohíbe su uso a título expreso (Picción et al., 2021). Sin embargo, esto no condicionó el aumento de estas construcciones, incluso de aquellas que requieren permiso de construcción. Por otra parte, el patrimonio doméstico popular rural de casas de tierra se ha ido perdiendo por falta de políticas estatales comprometidas con la cultura constructiva y el ambiente (Etchebarne & Ruétalo, 2015), o teniendo el propio Estado un rol de respaldo a la erradicación de construcciones con tierra en el ámbito rural, mediante la acción del Movimiento de Erradicación de la Vivienda Insalubre Rural (MEVIR).

Una excepción que considera válido construir con este material, sucede en la normativa del departamento de San José[7], que en 2019 declaró de interés departamental la construcción con tierra y derogó las prohibiciones que existían en el cuerpo normativo. Igualmente, vale mencionar que entre el 2000 y 2010 se concretaron asesoramientos técnicos a cooperativas de vivienda en varios lugares del país y acuerdos de trabajo con intendencias departamentales para el diseño y construcción de viviendas con tierra (Salmar et al., 2013). En particular, entre 2004 y 2007 se desarrollaron actividades estrechamente vinculantes con la sociedad civil y los gobiernos en sus diferentes escalas, a partir de prototipos de viviendas, salones comunales y aularios, producto de estas experiencias[8] (Gallardo y Piñeiro,

5. Lecos,GIW, LTecos y Coople; Ancestral; Bioframing; Citrino; Biocrear y Tapari, respectivamente.

6. En esta categoría, pueden mencionarse emprendimientos de alojamientos turísticos, como La casa del Hornero, Caliu, Posada Ñangaripé y Citrino, construidos con materiales naturales, que desafían las condicionantes del mercado alrededor de este tema, incorporando el impacto social positivo a través del uso consciente de los materiales con los que se construyen.

7. Junta Departamental de San José (2019). Resolución N° 2119/019

8. La Tablada en Salto (2000), Guyunusa (2003) y proyecto Hornero (2004) en Canelones, Vaimaca en Montevideo (2005), Cerro del Ejido en Artigas (2006), barrio San Francisco en Las Piedras, Canelones (2008) o en pueblo Los Ceballos en Paysandú (2009).

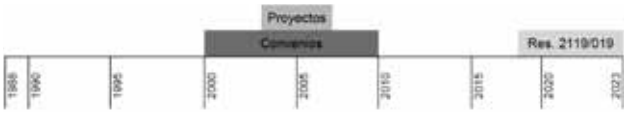


Figura 4. Esquema temporal de hitos de participación del Estado en proyectos de construcción con tierra (1988-2023).
© Autores.

2016; Salmar et al., 2013) especialmente con asistencia técnica de la Udelar. Estos hitos, que se presentan de manera puntual y con escasa continuidad se esquematizan en la figura 4.

2. INTERACCIONES

En este apartado se presentan los diferentes vínculos de proyectos, ejecutados, en ejecución o en proceso, todos ellos a partir de la conformación de múltiples formas de alianzas. En la tabla 1 de este capítulo se presenta la síntesis de los proyectos y actores vinculados en los procesos descritos.

2.1. UNIVERSIDAD-SOCIEDAD

2.1.1. Actividades en territorio: obra-escuela

En el contexto y desafíos de la pandemia de COVID-19, surgieron intervenciones de mejoramiento del hábitat en los barrios Casavalle, y Boix y Merino, en Montevideo. Estos barrios presentan contextos socio-económicos que determinan límites estructurantes tanto en términos físicos como culturales en la ciudad. El trabajo en ambos casos surge a partir del vínculo entre organizaciones sociales locales y equipos interdisciplinarios de docentes universitarios. La participación tiene como antecedentes otros proyectos y programas con intervención previa en estos barrios.

En ambos proyectos se propone el abordaje integral del uso de la tierra para la construcción social del hábitat, de manera de promover la autonomía de los colectivos sociales, la creación y replicabilidad de espacios saludables a partir de la construcción colectiva de programas diferentes: dos viviendas unifamiliares en Casavalle y un salón de usos múltiples o casa barrial en Boix y Merino. La metodología empleada corresponde con la de obra-escuela (Cavallero et al., 2009), donde la experiencia se centra en la implementación de talleres en obra, utilizada también como metodología en otros proyectos de extensión universitaria de FADU. En estos proyectos se proponen abordajes de las situaciones problema a partir de una concepción de la extensión crítica, el entendimiento de una ecología de saberes (Sousa Santos, 2010) en una perspectiva de educación popular, donde confluyen el sentir, pensar y el hacer en un proceso de definición, acción y apropiación colectiva (Freire, 2002). La propuesta de desarrollar proyectos desde esta perspectiva exige trabajar a la par, intentando que esto no desdibuje, sino que fortalezca el rol universitario de aportar conocimiento y un saber hacer para la tarea que convoca.

Ambos proyectos tuvieron puntos de contacto, por compartir integrantes del equipo docente, y por propiciar vínculos entre las personas de cada barrio, al encontrarse en proceso constructivos similares, aunque en diferentes etapas. Además, se programaron jornadas en común para la prefabricación de componentes de obra como losetones de tierra alivianada, lo que significó un nuevo escenario que posibilitó la continuidad del proyecto fuera del espacio barrial.

El escenario intergeneracional de estos proyectos con participación de infancias, jóvenes, y adultos, conlleva a una participación fluctuante en particular cuando el objeto de construcción está destinado al uso colectivo. En Boix y Merino, esta característica no aseguró una participación sostenida y ordenada, y el proceso dinámico del aula-escuela dificultó la posibilidad real de certificar aprendizajes. Además, los límites del espacio de formación en tecnologías constructivas se entrelazaron con la vida cotidiana de quienes participaron, y es que dicho proyecto cierra de manera abrupta debido a una situación crítica de seguridad física del equipo docente, consecuencia del contexto crítico y social del barrio. Hasta el día de hoy no ha tenido continuidad, aunque la casa barrial no cesa de presentarse como una necesidad colectiva.

En Casavalle, la continuidad y demora de los procesos favorecen la vinculación tecnológica, el encuentro sostenido a través de diversos dispositivos, jornadas de construcción, talleres, cursos, pasantías y por sobre todo el compromiso del colectivo barrial, el Centro de Estudios Asociados y la escuela 178. Al referirse a la construcción de mejoras en dos viviendas unifamiliares supone un compromiso individual más allá del colectivo que favorece la continuidad de los procesos.

2.1.2. Encuentros de construcción con tierra

Es entendido que la difusión de la información y la descentralización del conocimiento son los principales activos para el éxito y uso apropiado de una tecnología (Fickelson & Sebestyen, 2006). Como antecedente más importante de eventos que apunten a esto, se debe mencionar la realización del X SIACOT[9] en 2010. Luego de esa fecha no hubo actividades similares hasta 2018 y 2022 cuando se realizaron las dos primeras ediciones del Encuentro de Construcción con Tierra, organizado por docentes de diferentes servicios de Udelar, en Maldonado y San Javier, localidades del Este y Oeste del país respectivamente.

9. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. Ver http://www.redproterra.org

La estrategia y metodología de estos encuentros buscó estimular el diálogo colectivo ensayado en 2018, profundizado en 2022 y tomado como insumo para un nuevo evento a realizarse en 2024. Se promueve el vínculo entre profesionales, constructores, artesanos, usuarios, docentes y estudiantes interesados, desde sus disciplinas u oficios, en la arquitectura y construcción con tierra, buscando además involucrar actores fuera de la Udelar, como la Red de Bioconstrucción o instituciones gubernamentales como intendencias y municipios locales, con el fin último de introducir la discusión en su agenda y estimular regulaciones estatales actualizadas a la realidad de la construcción con tierra.

Relacionado con *lo local,* estos eventos fortalecen el diálogo de saberes entre la Udelar y la sociedad, reflejado en actividades posteriores como ser el proyecto «Los ranchos rusos de San Javier: un circuito de cultura e historias», financiado por el Ministerio de Educación y Cultura, que propone la valorización y visibilización de las construcciones con tierra de San Javier, existentes desde la primera etapa de su asentamiento hace más de 100 años. También la posibilidad del dictado en esta localidad del curso «Diseño de la arquitectura con tierra» de FADU, como actividad de enseñanza abierta al público en general, poniendo el énfasis en integrar las prácticas locales y regionales a su programa y contenido.

2.1.3. Investigación: producción de conocimiento

Si bien las actividades de investigación sobre construcción con tierra en FADU tienen menor presencia dentro del abanico de trabajos realizados, vale mencionar brevemente dos trabajos.

La investigación «Comparación de pruebas de campo y ensayos de laboratorio para la identificación de suelos para la construcción con tierra en Uruguay»[10] plantea como problema de estudio la precisión de las pruebas de campo para el reconocimiento de suelos en la construcción con tierra. Atendiendo que en nuestro país la construcción con este material es impulsada fuertemente por la autoconstrucción, en general sin supervisión de profesionales, el planteo de este trabajo se considera sumamente pertinente, no solo por el aporte de sus resultados finales, sino también porque durante el desarrollo de la investigación participaron personas que, por oficio o necesidad, se relacionan con la construcción con tierra como autoconstructores, bioconstructores y arquitectos. Los objetivos del proyecto fueron alcanzados con satisfacción en cuanto que el trabajo aporta conocimiento científico al estudio de la tierra como material de construcción en Uruguay, pero además por plantear un trabajo que aporta a la comunidad por tener aplicación en campo. Las conclusiones de esta investigación arrojan mayor certeza al respecto de la validez de las pruebas en relación a los ensayos, destacan la importancia de un análisis crítico en cuanto a los resultados observados y propone recomendaciones a futuro.

10.Proyecto de Iniciación a la Investigación FADU (2022)

Por otra parte, el proyecto «Análisis del desempeño higrotérmico de construcciones con tierra en Uruguay»[11], actualmente en proceso, tiene entre sus objetivos establecer los requisitos que deben cumplir los cerramientos que utilizan tierra en su sistema constructivo, para cumplir con los estándares de desempeño higrotérmico fijados por los marcos normativos locales. Los resultados de esta investigación buscan dotar de insumos a las instituciones tomadoras de decisión, con el fin de aportar a la normativa nacional y a la mejora de las prácticas constructivas. Los estudios sobre técnicas constructivas basadas en el uso de la tierra deben desarrollarse en conjunto entre la academia y entes estatales con el fin de aunar esfuerzos que señalen alternativas de trabajo en beneficio de las comunidades (Beltrán, 2012). Esto implica una política institucional de investigación académica, la difusión y aplicación de sus resultados y posterior respaldo normativo.

2.1.4. Universidad - Estado

En este apartado se comenta sobre el proyecto «La fabriquita» que se encuentra en etapa de evaluación por la Intendencia de Montevideo para ser puesto en marcha en una nueva experiencia de cooperación con la Udelar. Este plan tiene como objetivo crear un círculo virtuoso, entre la población de barrios periféricos, la Academia y el gobierno de la ciudad a través de la vinculación tecnológica, la producción, la puesta en obra y la evaluación del uso de bloques de tierra comprimida (BTC). Los mampuestos que se produzcan tendrán uso exclusivamente para la mejora de viviendas o locales comunitarios que requieran del apoyo de materiales, no estando previsto que el producto ingrese al mercado como bien comercializable.

La propuesta contempla instancias de vinculación tecnológica mediante talleres de capacitación de la cuadrilla de producción para introducir los conceptos del uso de la tierra, el reconocimiento de los diferentes tipos de suelo y en particular el método de producción de BTC, la puesta en obra de los bloques y las tareas de mantenimiento de la obra construida. Se propone que los integrantes de esta cuadrilla sean quienes, acompañados por un técnico con dominio de los diferentes temas, transfieran a las familias u organizaciones que así lo soliciten el conocimiento para el uso de los mampuestos, así como las tareas para el correcto mantenimiento de las construcciones. En cuanto a la organización, el trabajo de la cuadrilla asignada a la producción de los BTC será entendida bajo el concepto de trabajo protegido remunerado en un régimen rotativo que ofrezca la posibilidad a otros vecinos de formarse en el conocimiento del material y de la producción de BTC. Se propone que la Intendencia de Montevideo aporte los materiales, las herramientas y el lugar de acopio de materiales, producción y almacenamiento de los bloques, así como dotar de

11.Proyecto I+D del llamado de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de Udelar (2023). Este proyecto tiene, como antecedente vinculado, el proyecto de Iniciación a la Investigación FADU "Muros de tierra y eficiencia energética" (Zubeldía, 2020)

<table>
<tr><th rowspan="2">Proyecto</th><th rowspan="2">Metodología</th><th colspan="4">Interacciones</th><th rowspan="2">Financiación</th></tr>
<tr><th>Sociedad</th><th>Formadores</th><th>Emprendedores</th><th>Estado</th></tr>
<tr><td>Boix y Merino (2020-2022)</td><td rowspan="4">Obra - escuela</td><td rowspan="2">Colectivos de la sociedad organizada (1)

Sindicatos de trabajadores (2)</td><td rowspan="3">FADU</td><td>- - -</td><td>Intendencia de Montevideo (3)</td><td rowspan="2">Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (Udelar)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Casavalle (2020-2023)</td><td rowspan="3">- - -</td><td rowspan="4">Intendencia de Montevideo (4) y Plan Juntos (Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Red de Bioconstrucción</td><td rowspan="2">Consejo de Educación Técnico Profesional</td><td rowspan="3">Ancestral Bioframing</td><td rowspan="3">Programa Prácticas en Territorio- FADU en Casavalle y Consultorio de Atención a la Vivienda y el hábitat (Udelar)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Administración Nacional de Educación Pública (5)</td></tr>
<tr><td>Encuentros de construcción con tierra (2018; 2022; 2024)</td><td>Participación colectiva</td><td>FADU, Centros Universitarios Regional Este y Litoral Norte</td><td>Profesionales y proveedores de materiales</td><td>Intendencias y municipios y Proyecto Adaptación al Cambio Climático Río Uruguay</td><td>Comisión Sectorial de Investigación Científica (Udelar) y Espacio Interdisciplinario (Udelar)</td></tr>
<tr><td>Comparación de pruebas de campo y ensayos… (2022-2023)</td><td>Analítica y experimental</td><td>Facultad de Ingeniería</td><td>Canteras de arcillas</td><td>- - -</td><td>Proyectos de iniciación a la investigación (FADU)</td></tr>
<tr><td>La Fabriquita (en proceso)</td><td>Vinculación tecnológica</td><td>Colectivos de la sociedad organizada</td><td>FADU</td><td>En proceso</td><td>Intendencia de Montevideo y Ministerio de Vivienda</td><td>En proceso</td></tr>
</table>

Tabla 1. Cuadro resumen de proyectos e interacciones.

© Autores

condiciones de trabajo a los operarios. La producción estará supervisada por un profesional familiarizado con la técnica constructiva, y el control de calidad de los mampuestos producidos será realizado en forma periódica y aleatoria, a través de ensayos en laboratorios de la Universidad, de manera a cerrar el círculo virtuoso mencionado al inicio del apartado.

De concretarse este proyecto será innovador el vínculo de la Academia con el gobierno de la ciudad, conteniendo como aspectos destacables, la formación, el trabajo y la mejora habitacional de calidad, a través de un componente constructivo de tierra.

3. DISCUSIONES

¿De qué manera se presenta y se difunde el saber y el hacer de la construcción con tierra en Uruguay? Evidentemente, considerar a la tierra como un material alternativo es ignorar el uso histórico que ha tenido. En este trabajo se considera que la recuperación de la memoria colectiva debe ser un insumo imprescindible para valorar este material y derribar los mitos en torno al mismo que aún persisten. Esto invita desde luego, a cuestionar la manera en que se difunde y presenta el hacer y el saber hacer en la arquitectura y la construcción con tierra en un contexto de pensamiento y accionar sustentable. A pesar del interés creciente en la práctica de la construcción con tierra en Uruguay, ésta ocupa aún un lugar periférico en los ámbitos académicos formales del país. Las acciones que se presentan en este artículo apuntan a revertir esto, a partir de los vínculos entre la Universidad y los demás actores partícipes del tema. En base a las experiencias se plantea como desafío en prospectiva el proyectar en la agenda universitaria la curricularización de la temática en el estudio de grado, la profundización en los posgrados, lograr masificar los conocimientos para la validez de las tecnologías de construcción con tierra.

¿Cómo ha incidido la Academia en los ámbitos comunitarios y qué tiene para aportar respecto a la arquitectura y construcción con tierra? Los procesos individuales de autoconstrucción discurren por caminos diversos, con aciertos y errores, donde la información de la que disponen las familias puede ser muy variada. Se entiende que la posibilidad de que la sociedad organizada vinculada a procesos de construcción colectiva y los ámbitos académicos hallen un espacio de encuentro que conforme una red de saberes (Tomasino y Rodríguez, 2011) que preste especial atención a los esfuerzos de los movimientos populares en un nuevo diálogo lógico y crítico. Esto, representaría un escenario favorable para compartir herramientas y recursos de formación que aporten al aprovechamiento de los recursos humanos, energéticos y económicos durante el tiempo de obra y también una vez que la vivienda comienza a ser utilizada. Los beneficios económicos, ambientales y culturales que habilitan las tecnologías constructivas con tierra para la producción social del hábitat, constituyen cualidades con fuerte potencia resolutiva a la hora de abordar el problema de acceso a un hábitat digno para las mayorías.

¿Cómo se han estimulado los vínculos entre la sociedad, la Universidad, la industria y el Estado en relación con el tema?: El vínculo entre estos actores está en proceso de fortalecimiento, restando aún mucho por hacer. La sociedad es el motor que debe condicionar a todos los demás actores, a partir de la exigencia de búsqueda de soluciones a los problemas y necesidades que nos atañen. La Universidad debe participar desde sus funciones de investigación, extensión y enseñanza, yendo más allá de la formación profesional y brindando su contribución para la comprensión pública de los problemas y aportar a su resolución. La industria en su concepción más amplia que, si bien puede disponer en su imaginario de los sistemas convencionales a gran escala, tiene una gran oportunidad para la innovación a partir de los sistemas tradicionales y su aplicación en la escala doméstica. Finalmente, al Estado, desde su rol de establecer normas y también de velar por el derecho de su población para acceder a un hábitat digno, le corresponde entender que las condiciones actuales de la construcción con tierra han superado el escenario de vulnerabilidad y precariedad con el que muchas veces se asocia. El trabajo conjunto entre ellos debe significar una mejora en el marco actual de la construcción con tierra: la redacción de normas específicas y programas de apoyo a esta tecnología como vínculo entre el Estado y el sector productivo con el asesoramiento de la Universidad; la investigación y resignificación de materiales tradicionales mediante el trabajo conjunto de la industria y el Estado apoyado por los laboratorios universitarios, por la realización de cursos, capacitaciones específicas y certificación de éstas, entre otros aspectos.

4. CONCLUSIONES

Este trabajo no pretende ser modelo o parámetro de cómo generar o plantear los vínculos entre los diferentes actores, sino problematizarlos. Como integrantes, formadores y a la vez sociedad, lo mostrado hasta ahora son intentos que han logrado éxito, otros que sufrieron cambios abruptos y otros en etapa de desarrollo. En esta variabilidad de situaciones, pero también de contextos, los equipos docentes deben ajustar su rol profesional y académico, en particular en aquellos de trabajo en territorio. Del mismo modo, los trabajos de investigación analítica y experimental deben estar orientados al uso de sus resultados en territorio, de manera que no queden restringidos a ámbitos exclusivamente académicos, sino que logren permear e interactuar con los demás actores.

BIBLIOGRAFIA

Beltrán, L. (2012). "Las construcciones en tierra como alternativa para dignificar la vida". Revista *Apuntes*, 25: 2,. Pontificia Universidad Javeriana; Bogotá.

Cavallero, J., Etchebarne, R., Ferreiro, A., Gallardo, H., González, A., Mingolla, G. y Pautasso, M. (2009). "Obras escuela y cooperativas de trabajo: dos modalidades de capacitación". *8 SIACOT,* p.626-633.

Casaubu, C. (2007, noviembre 13). *Regreso a la tierra*. La diaria.

Etchebarne, R. (2022). "Gestión, casa de tierra y cultura constructiva". *Textos de Tecnología*, 05, p.75-84.

Etchebarne, R., y Ruétalo, V. (2015). "Casas de tierra en el Uruguay." *15 SIACOT*, p.475-485.

Ferreiro, A., Camacho, M., Gutiérrez, L., Machain, T., Pereira, L. y Varín, C. (2023). *Análisis del desempeño higrotérmico de construcciones con tierra en Uruguay* (en desarrollo), FADU.

Ferreiro, A., Gallardo, H. y Migues, P. (2018). *Memorias encuentro de construcción con tierra*, FADU.

Ferreiro, A., Mesones, J., Meynet, A., Muñoz, N., Palumbo, B., Radi, C. y Vázquez, G. (2014). *Construir con terrón*, MEC-FADU.

Ferreiro, A. y Nogués, A. (2016). "Arquitectura contemporánea en Uruguay". En M. Correia et al. (Eds.), *Arquitectura de tierra en América Latina*, p.266-269. Argumentum

Fickelson, M. y Sebestyen, G. (2006). Exergue. *Traité de construction en terre*, 6. Parenthèses.

Freire, P. (2002). *Pedagogía de la esperanza*. Editorial Siglo XXI.

Gallardo, H. y Piñeiro, G. (2016). "Educación e investigación en Uruguay". En M. Correia et al. (Eds.), A*rquitectura de tierra en América Latina,* p.301-303. Argumentum..

Ley 12,549 (1958). *Ley Orgánica de la Universidad de la República*.

Picción, A., Sierra, P. et al (2021). *Aproximaciones disciplinares para la adaptación de ciudades y edificaciones al cambio y variabilidad climática*, FADU.

Salmar, E., Etchebarne, R. y Rotondaro, R. (2013). "Enseñanza en arquitectura y construcción con tierra". *13 SIACOT*..

Sousa Santos, B. (2010) Descolonizar el saber. Reinventar el poder. Trilce.

Tomasino, H. y Rodríguez, N. (2011). "Tres tesis básicas sobre extensión y prácticas integrales". *Cuadernos de Extensión Nº 1*, p.19-42, CSEAM.

Universidad de la República (2019). *Estatuto del Personal Docente*.

Vázquez, G.; Palumbo, B.; Mesones, J. y Lens, K. (2018). *Ñu Ñeenty campo de vínculos*, FADU.

Zubeldía, G. (2020). *Muros de tierra y eficiencia energética*, FADU

ANEXO

Ficha técnica de proyectos:

Encuentro de construcción con tierra (2018), Equipo: Alejandro Ferreiro, Helena Gallardo y Pablo Migues

BioCasaVá (2020-2024), Equipo: Jessica Mesones, Claudia Varín, Gabriela Vázquez, Bruno Palumbo y Belén Vila, Organización social:Huerta Comunitaria de Casavalle

Boix y Merino (2021-2022), Equipo: Alejandro Ferreiro, Helena Gallardo, Florencia Gómes y Gabriela Vázquez, Organización social: La Bombonera

Encuentro de construcción con tierra (2022), Equipo: Maria Ingold, Alejandro Ferreiro, Viviana Bordoli, Victoria González, Alejandra Larregui, Jessica Mesones, Virginia Martínez, Silvia Stawski, Claudia Varin, Gabriela Vázquez, Natalia Veliz, Bruno Palumbo, Christian Rodríguez, Pau Gómez, Matías Belbey y equipo de la Casa de la Universidad de Río Negro (Udelar).

Comparación de pruebas de campo y ensayos de laboratorio para la identificación de suelos para la construcción con tierra en Uruguay (2023), Investigadora: Gabriela Vázquez, Tutor: Alejandro Ferreiro

Análisis del desempeño higrotérmico de construcciones con tierra en Uruguay (2023-2025), Equipo: Alejandro Ferreiro, Magdalena Camacho, Claudia Varin, Tiago Machain, Lucia Pereira, Lucia Gutierrez, Santiago Colombi y Leila Hamed.

"*La Fabriquita*" (en proceso), Equipo docente: integrantes de FADU, de Red de Bioconstrucción y técnicos funcionarios municipales, Equipo de planta: colectivos de la sociedad organizada Instituciones: IM y FADU

NOTAS BIOGRÁFICAS DE LOS AUTORES

Alejandro FERREIRO, arquitecto, docente y maestrando de Udelar (Uruguay). Coordinador del equipo de Tecnología de Construcción con Tierra, IT - FADU. Docente del curso "Diseño de arquitectura con tierra", FADU. Integrante de PROTERRA.

Gabriela VAZQUEZ, arquitecta egresada de Udelar (Uruguay). Docente ayudante en investigación y extensión del equipo de Tecnología de Construcción con Tierra. Integrante de Red de Bioconstrucción del Uruguay.

Natalia VELIZ, doctora arquitecta por la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), becaria posdoctoral del CONICET. Integrante del LAAyCT de la Universidad Nacional de Jujuy (Argentina). Docente del curso "Diseño de arquitectura con tierra", FADU. Integrante de PROTERRA.

Helena GALLARDO, arquitecta egresada de Udelar (Uruguay), docente del curso "Diseño de arquitectura con tierra", FADU. Integrante de PROTERRA.

Bruno PALUMBO, arquitecto egresado de Udelar (Uruguay). Docente ayudante en extensión del equipo de Tecnología de Construcción con Tierra. Integrante de Red de Bioconstrucción del Uruguay.

Jessica MESONES, arquitecta, docente y maestranda de Udelar (Uruguay). Docente del programa Prácticas en Territorio del Consultorio de Vivienda y Hábitat y del curso "Diseño de arquitectura con tierra", FADU. Integrante de Red de Bioconstrucción del Uruguay.

LA INVESTIGACIÓN PROYECTUAL: HERRAMIENTA PARA UN MÉTODO DIDÁCTICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

Mauricio GANDUGLIA, Arquitecto, profesor en la Universidad Lusiada de Angola, miembro de a asociacion CRATerre (arqui.terra.ao@gmail.com)

RESUMEN

Son difundidos y conocidos los programas y actividades de formación profesional y cursos prácticos, pero no se difunde de la misma manera la formación universitaria, en cuanto a sus metodologías y contenidos.

Este artículo explica la metodología, didáctica y contenidos desarrollados por el profesor para la asignatura "Construcciones", en la formación de licenciados en arquitectura en la Universidad Lusíada de Angola (5 años, sin talleres prácticos de/con materiales).

El método integra los contenidos teóricos de las diferentes asignaturas según la cronología programática, mientras que introduce la arquitectura de tierra y materiales naturales. La componente práctica se basa en la búsqueda de una propuesta que pone en evidencia la reflexión multidisciplinaria. La didáctica con un sistema de fichas, permite que la arquitectura de tierra pueda ser analizada y utilizada según los principios y criterios con los cuales se enseña la arquitectura. Las técnicas de representación constituyen un punto importante a partir del cual presentar las ideas y argumentos. Si bien cada profesor tiene su conocimiento y experiencias específicos para cada asignatura, este método permitiría que cada uno adapte el método a los contenidos teóricos para la mejor interpretación y aplicación de los estudiantes.

INTRODUCCION

Un panorama global de la enseñanza-aprendizaje de la arquitectura puede ser considerado desde la Unión Internacional de Arquitectos (UIA). Según la UIA, actualmente integran la organización 123 países en 113 Asociaciones. La UIA realizó en conjunto con la UNESCO, una carta-manifiesto sobre la necesidad de mejorar y actualizar la formación de arquitectos frente a los cambios y desafíos del siglo XXI (UIA-UNESCO, 2023). En el preámbulo refiere que "un porcentaje sorprendentemente pequeño del entorno construido es realmente concebido y realizado por arquitectos y planificadores" (2023, p.3). Al mismo tiempo considera que "el objetivo básico de la enseñanza de la arquitectura es desarrollar al arquitecto como un "generalista" bien informado y ampliamente preparado" (2023, p.4).

Esta carta-manifiesto expresa las reflexiones en diferentes instituciones de enseñanza superior (desde las Universidades a los Institutos Politécnicos), en los cuales, generalmente los contenidos están en asignaturas diferenciadas por su área: técnica/artística, exactas/sociales, local/territorial, objeto/espacio, etc. En este documento se sugiere que los métodos de educación sean variados, y se mencionan las áreas de conocimiento que el arquitecto debería abordar, con un espectro muy amplio. Así, en cuanto a la enseñanza de la arquitectura destaca la adquisición de las siguientes capacidades:

1. Diseño,
2. Conocimientos (Estudios culturales y artísticos, sociales, medioambientales, técnicos, diseño, práctica y deontología profesional) y,
3. Habilidades (resumidas en relaciones humanas, capacidades tecnológicas, y expresión gráfica y escrita).

El tema de investigación sobre métodos de enseñanza-aprendizaje de arquitectura en el nivel superior surge de la experiencia pedagógica universitaria en Angola que comenzó en el 2008 y que, a partir del 2011, evidenció la necesidad de realizar cambios en las formas de trabajar los contenidos.

Además, destacamos que, en este contexto, la arquitectura de tierra se presenta apenas con los temas técnicos; y las obras de materiales naturales (piedra y madera), que son parte de la historia de la arquitectura, no se analizan desde su potencia y sus características técnico-constructivas, sino desde sus características compositivas (ordenes clásicos, sección aurea, etc). Esto significa que, si no hay una metodología definida para el curso en la integración de contenidos, estos contenidos pueden encontrarse apenas en el trabajo final o no integrarse nunca.

Este trabajo trata del programa y de la pedagogía aplicados por el autor en la licenciatura de arquitectura de la Universidad Lusíada de Angola. No pretende desarrollar contenidos teóricos de arquitectura de tierra, sino evidenciar cuales son las componentes, técnicas y métodos donde la arquitectura de tierra se puede integrar en el sistema de enseñanza de la arquitectura.

Las figuras presentes en este artículo ilustran resultados producidos por algunos estudiantes durante los cursos, y son realizados en portugués. Sus contenidos muestran las primeras ideas de algunos estudiantes, conteniendo borradores con posibles errores de interpretación, de contenidos o de gramática.

1. PROGRAMA EXISTENTE EN ANÁLISIS

La metodología original del curso proponía desarrollar clases teóricas y trabajos prácticos básicos de detalles constructivos con el objetivo de presentar una propuesta final de la asignatura integrada con el proyecto resultante de la asignatura de "Arquitectura/ proyecto". Era un ejercicio interesante, pero no suficiente a la luz del contexto general y la información disponible, limitado acceso a la bibliográfia en lengua portuguesa, y la incipiente información online.

El profesor identificó la necesidad de trascender el resultado de la solución técnico-constructiva específica para encontrar respuestas y argumentos propios de una licenciatura, visto que las nuevas tecnologías (como la informática y el incipiente acceso a la internet en Angola, en 2008-2010) cambiaron el planteamiento de la investigación de los estudiantes. Dentro de las situaciones identificadas en el transcurso de la experiencia, se destacan:
1. Formación de los estudiantes:
El contenido programático no incluye enseñanzas relativas a los conceptos básicos de investigación científica[1], que tampoco era requisitos condicionantes para la inscripción-realización del curso, lo que genera dificultades de realización de la investigación por parte de los estudiantes.
2. Uso de las tecnologías informáticas:
El uso de los recursos disponibles en internet y el avance de las tecnologías informáticas para su utilización es poco investigado a pesar de que sea una fuente amplia de referencias bibliográficas y de proyectos de arquitectura por el mundo.
3. Arquitectura ecológica sustentable:
La falta de contenidos sobre la arquitectura de tierra y otros materiales naturales, aunque sea parte de la construcción tradicional en Angola, 70% en áreas rurales y 30% en áreas urbanas, (INE-MICS, 1997, p.84) En consecuencia, se necesita la estructuración de enseñanzas complementares específicas dentro del programa del curso.

A partir del 2011, para paliar las lagunas identificadas en la propuesta pedagógica, la propuesta metodológica evolucionó paulatinamente de manera complementar en cada etapa pedagógica, tomando en cuenta:
1. El marco teórico pedagógico que encuadra desde la generalidad de la arquitectura a la especificidad de la resolución de proyectos, incluso con materiales naturales, mediante la investigación proyectual, según la teoría de Jorge Sarquis,
2. La didáctica que, con un particular sistema de fichas de análisis, resumen y propuesta, integra las componentes de la asignatura (teoría y práctica, texto y dibujo) y permite dar autonomía al estudiante con el fin de definir su identidad en términos de la arquitectura y la producción de ideas,
3. Los contenidos programáticos que, organizados según las diferentes escalas de dibujo, desde el contexto y el lugar a la materialidad del detalle constructivo, permiten entender la multidisciplinariedad y la necesidad de un abordaje integral.

2. LA DIDACTICA

Para encuadrar la metodología, se utilizaron referencias de la práctica pedagógica de diferentes autores que serán especificados a seguir:
1. "la pedagogía de la autonomía" de Paulo Freire,
2. "el prácticum reflexivo" propuesto por Donald Schön,
3. "la investigación proyectual" de Jorge Sarquis.

Desde el inicio de su práctica pedagógica, Freire propone que los estudiantes sean sujetos activos de su propio aprendizaje. El objetivo es desarrollar la conciencia crítica de los estudiantes y su capacidad para tomar decisiones informadas y autó-

1. MIC: Metodologia de la Investigacion Cientfica

nomas. Para alcanzar estos resultados, en la caracterización de la enseñanza se destacan los siguientes requisitos: rigor metódico, investigación, reflexión crítica como herramienta de transformación personal y social, identidad cultural y toma de decisiones conscientes; comprensión de que la educación es una forma de cambiar el mundo, considerando que la evaluación debe ser justa e inclusiva para el crecimiento (Freire, 1997, p. 40).

Schön sostiene que la reflexión es una parte fundamental de la práctica profesional. "Más que limitarse a aplicar conocimientos teóricos, los profesionales reflexivos emprenden un proceso de pensamiento mientras realizan su trabajo, reflexión en acción, que les permite tomar decisiones y adaptarse al cambio" (Schön, 1992, p.37). Schön denomina a este método "*practicum reflexivo*" y define las cuestiones que deben responderse para integrar la práctica en la formación: la forma, los elementos constitutivos, cuándo y qué tipo de investigación (Schön, 1983, p.267). De esta manera, el estudiante resuelve su proyecto a través del análisis y la reflexión, y es parte proactiva del cambio.

Dada la realidad anterior y en consonancia con los principios y valores propuestos en el marco teórico de Paulo Freire y Donald Schön, el docente considera que es necesaria una formación integral, con la presentación de contenidos generales sobre arquitectura y principios teóricos, incluyendo materiales naturales e industrializados, que garanticen el punto de partida, y así aprovechar y desarrollar las competencias que permitan beneficiarse de una formación impregnada de reflexión.

En concordancia con la autonomía impulsada por Freire, se adapta la introducción del método según lo expuesto de Markus Brauer. Él impulsa "un acuerdo mutuo" (2013, p. 60) que, después de explicar los reglamentos generales, el docente presenta el "*Syllabus*", con la pormenorización del curso. En el método propuesto, desde el primer día, los estudiantes tienen conocimiento del programa anual y van familiarizándose con el método que será experimentado a lo largo de los cursos, que incluye reglamentos, planificación, resúmenes, contenidos, bibliografía, fechas, calificaciones, formatos de trabajo (Layout y fichas), etc. Todo el material bibliográfico (teoría y metodología) se presenta el primer día. Así, la experimentación del método comienza desde el primer momento, y su aplicación continua provoca en el estudiante una toma de posición en sus ideas y su manera de expresarse.

3. LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Aplicada la asignatura Construcciones del 2º año del curso de arquitectura de la Universidad Lusíada de Angola (licenciatura), esta propuesta metodológica interviene mínimamente en los contenidos programáticos y trabaja especialmente sobre las formas (metodología y didáctica). El mismo método es implementado en otras asignaturas como, "Arquitectura 2" de 2º año, y "Construcciones 2" de 3º año, de manera que se pueda comprender como adaptar el formato y la manera de aplicar la metodología a otros contenidos y disciplinas. A modo de ejemplo, en este artículo son presentadas partes de los trabajos de los estudiantes que permiten comprender la manera de utilizar las diferentes herramientas.

El objetivo específico es resolver la forma del objeto arquitectónico a través de su materialidad para que los estudiantes consigan desarrollar ideas de proyectos en función del potencial de los diferentes materiales (de la tierra y los materiales naturales a los materiales industrializados como los metálicos y el hormigón armado).

Tomando en cuenta el programa de estudios aplicado en la universidad, la metodología propuesta toma como referencia:

1. la teoría de la arquitectura, conforme los contenidos de cada año en diferentes asignaturas (Ej.: Arquitectura 1, Teoría de la arquitectura y Dibujo); teniendo en cuenta desde los principios de composición en diseño a los temas resueltos en el proyecto arquitectónico. De esta manera, el aprendizaje específico sobre materiales toma como punto de partida los principios que definen el proyecto arquitectónico y encuentra reglas claras para su aplicación práctica.

2. la teoría aplicada:
Las obras arquitectónicas son utilizadas como proyecto base donde el estudiante conoce la información de la obra y puede analizarla.
Obras de arquitectura significativas del programa de historia (viviendas y edificios habitacionales de referencia del siglo XX) son los proyectos de base que utilizan los estudiantes para adaptar diferentes materiales, luego de conocer los autores y sus principios de composición (Mies van der Rohe, Scharoun, Lubetkin, Giuseppe Terragni, etc) Estas obras tienen, entre otras características, una composición de espacios en función de un ritmo y una grilla, que debe ser preservada y adaptada a nuevos contenidos técnico-constructivos.

3. el dibujo, técnico y artístico
El método se estructura con elementos de la investigación científica, y considera fundamental e indisociable la relación texto-dibujo. Así, el dibujo a mano es integrado en la propuesta tectónica, considerando a la arquitectura como un arte yendo más allá de la construcción, para resolver de manera integral la forma y la materialidad. Los dibujos técnicos presentan la solución técnico-constructiva con su caracterización en cuanto el trazo, las texturas, las cotas y las referencias en todas sus escalas, en cuanto el dibujo a mano representa esquicios de ideas y conceptos que ayudan a comprender la solución adoptada.

En el contexto de cada asignatura donde es aplicado el método (Construcciones 1, Arquitectura 2 y Construcciones 2), los estudiantes deben escoger las obras de referencia que van a

analizar según sus motivaciones emocionales (gustos y preferencias) que les ayuden a encontrar respuestas. De hecho, el profesor considera que esto incentivará al estudiante a proseguir en su investigación profunda y autónoma. Posteriormente el estudiante adaptará los elementos arquitectónicos de estas obras para resolver su trabajo de proyecto (Poiesis).

El conjunto de materiales didácticos disponibles se denomina "hoja de ruta", ya que propone un camino de métodos, técnicas, contenidos y formatos para que todos puedan seguirlo, pero que cada estudiante pueda adaptarlo de forma personalizada destacando sus propias competencias y preferencias arquitectónicas.

Con el objetivo de resolver la forma del objeto arquitectónico a partir de su materialidad, se analiza la obra y argumenta la propuesta con textos y esquicios basados en criterios teóricos específicos de la arquitectura, comenzando por los principios ordenadores que los estudiantes aprenden en 1º año (Ching, 1989). Es interesante esclarecer que, aún en la fase inicial del curso, se utiliza el método científico, adaptándolo a las herramientas que los estudiantes poseen con un vocabulario todavía simple.

4. LA PEDAGOGÍA

La propuesta de la asignatura invita a los estudiantes a la utilización del método específico a la investigación acercándose y experimentando la triada "observación – análisis – aplicación". De esta manera, el método enseña la disciplina necesaria para validar los resultados, con reglas, procedimientos y formatos definidos en el método propuesto. El método de la asignatura es una componente importante para iniciarse en la cientificidad de las ideas para construir la propuesta y los argumentos que la explican.

Este abordaje teórico pedagógico, didáctico y programático, es trabajado a través de propuestas arquitectónicas que incluye materiales naturales y una introducción a los industrializados. Esto permite que, con algunos contenidos teóricos específicos, la arquitectura de materiales naturales y las culturas constructivas vernáculas, los estudiantes puedan resolver morfologías arquitectónicas contemporáneas, y así integrarse en los programas de estudios actuales.

Con el objetivo de abordar materiales específicos, el profesor se apoyó en las obras y en las herramientas técnicas que los estudiantes manejan en la licenciatura. Considerando que los estudiantes están en el segundo año, apenas iniciando en la teoría y los principios de diseño, el método se apoya en:

1. el dibujo:
Los diseños técnicos evidencian los resultados de la propuesta, y las ideas y argumentos se explican con esquicios que lo complementan.

2. el texto:
Sustituir una memoria descriptiva por un texto explicativo es fundamental. El dibujo técnico y los esquicios describen la propuesta, pero es necesario un texto explicativo integrador (TEI) para dar secuencia a las ideas y criterios que llevaron a desarrollar la propuesta técnico-constructiva integrando la información analizada: teoría, obras analizadas e información técnica. Es fundamental que cada idea (una por párrafo) tenga un esquicio-dibujo que evidencie una idea-resultado para la forma del objeto arquitectónico que se quiere resolver.

3. el formato:
Las fichas y textos se resuelven en formato A4 y el dossier de Proyecto en formato A3. Otros formatos (A1 y A2) se usan para presentaciones preliminares o exámenes. El objetivo es aprender a comunicar la misma idea en diferentes formatos para saber manejar el caudal de información para comunicar mejor.

Los contenidos teóricos en la asignatura "Construcciones 1" se relacionan de la siguiente manera:

1. Se inicia el programa de la asignatura "Construcciones 1" con la cronología del uso de los materiales (historia), de ahí que los materiales naturales constituyan el punto de partida, entendidos en su contexto. En el caso de la asignatura "Arquitectura 2", los contenidos generales comienzan con la noción del espacio construido, el hábitat y los espacios públicos (urbanos).

2. Se relacionan con la teoría de la arquitectura, que son referencias a lo largo del curso de la licenciatura, y está organizada por una familia de principios definida por el profesor. Estos principios se clasifican según las escalas de diseño, desde la implantación hasta los detalles constructivos, caracterizando y definiendo criterios compositivos, arquitectónicos, estéticos, tecnológicos y de materialidad. El objetivo es que los principios definan temas para explicar la propuesta y que éstos no se repitan sino que aumenten el grado de información a medida que avanzan los detalles. La teoría utiliza obras de referencia para encuadrar el tema, y el estudiante elige sus referencias.

El aspecto innovador de este método aplicado en la asignatura, es que se desarrolla según los pilares Aristotelicos evidenciados en el método de investigación proyectual de Jorge Sarquis, la triada "theoria, praxis y poiesis" (Sarquis, 2012, p. 27). Se adaptó teniendo en cuenta las diferencias entre el hacer profesional de un arquitecto /investigador y un estudiante que se inicia en la metodología del proceso proyectual.

El método providencia un sistema de fichas que facilitan el uso de diversas variables consideradas dentro del análisis de las obras. En este sentido, la propuesta tectónica se desarrolla, se explica y se resuelve en cinco escalas y las diferentes fichas proponen un resumen de información, que posteriormente

serán utilizados para completar las diferentes piezas dibujadas del proyecto. Así, a través de dibujos a mano y comentarios escritos, el estudiante puede analizar las obras de referencia y explicar su propia propuesta.

Para ayudar con las herramientas propuestas, se realizó una clasificación de características y principios de las diferentes disciplinas de la arquitectura, que se agrupan por escala de dibujo en función de lo que puede ser visto en cada una de ellas, desde los principios ordenadores de composición (Ching, 2015; 349) hasta principios que permitan analizar y caracterizar la organización funcional, la sustentabilidad, etc. Este es un sistema abierto de principios que permite reorganizar en función de nuevos criterios. Así, los estudiantes pueden explicar la arquitectura desde las ideas de composición hasta la materialidad, utilizando los principios como palabras-llave para saber que dibujar y que explicar:

4.1. TEORÍA

Según Sarquis: "El hacer teórico, busca la verdad mediante la contemplación de los entes que ya son" (Sarquis, 2012, p. 28). En el método implementado, la reflexión debe encuadrarse en los criterios de la teoría de la arquitectura, desde la composición, la funcionalidad, la estética hasta la tecnología de los materiales. Corresponde a la fase de levantamiento y análisis de la información referentes a la obra estudiada.

Cabe destacar que, en su segundo año de curso, los estudiantes poseen herramientas para resolver y explicar los principios compositivos y organizacionales de los proyectos y su diseño (Ching, 2015), y para completar la formación integral y específica, deben aprender las definiciones, clasificación y tipos de los elementos constructivos y, características, propiedades y potencial de la tierra y los materiales naturales. Esta componente se inicia con clases teóricas y apoyo bibliográfico, inclusive para entender los materiales naturales. Como resultado, el estudiante debe producir fichas de resumen bibliográfico con los temas indicados en el Trabajo práctico con temas, generales y específicos, que ayuden a resolver el proyecto. Por ejemplo, en la ficha de la figura 1, el estudiante presenta y define los conceptos de albañilería, sus propiedades y los tipos de pared según la disposición del bloque-ladrillo para resolver la albañilería.

Es también parte de la teoría de la asignatura de construcciones, buscar información en fuentes alternativas como las obras, en ejecución o ya concluidas, para comprender la pertinencia y la calidad de lo que se puede ver, visitar y medir. Asi, en la asignatura de Construcciones 1, los estudiantes practican la observación visitando una obra terminada para obtener la

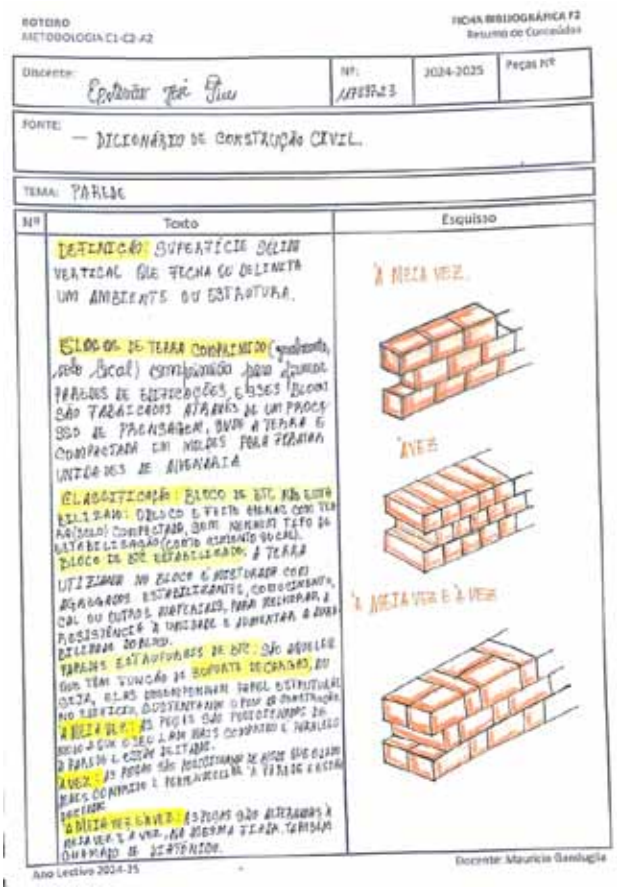


Figura 1. Ficha resumen de Elementos constructivos.
© Estudiante: Estevão José Pires, 2024-25.

Figura 2. Visita a obra Ermita Nta. Sra. De Fátima, Luanda.
© Mauricio Ganduglia.

información mediante el levantamiento y la medición de cada uno de los materiales y los elementos constructivos de una obra de albañilería en tierra, generalmente de BTC (Bloque de Tierra Comprimida). Esta experiencia de observación en escala real permite una mayor efectividad y celeridad en la comprensión del tema (Fig. 2). El análisis que deviene de la obra y los elementos constructivos forma parte de la próxima etapa (Praxis).

En la primera etapa, "Teoría", el estudiante debe entregar las fichas del resumen de información que, como ya fue indicado, puede provenir de diferentes fuentes. El docente orienta cuales son los ítems a focalizar en cada tema. Aunque el resumen de información puede parecer objetivo, los ítems indicados en cada tema ya sugieren de qué manera el estudiante va a exponer su propuesta, inclusive por los ejemplos que pueda citar. El sistema de fichas resulta muy revelador y ayuda al estudiante a la gestión de su trabajo (que hay, que falta).

La actividad del relevamiento de información durante la visita a una obra es innovadora porque el estudiante obtiene de primera mano datos que probablemente tendría dificultades en obtener y comprender (medidas de los materiales y resultados producidos). Esta innovación se destaca además porque se trata de una obra de arquitectura de tierra, construida con BTC, y por el hecho de tener todos los elementos constructivos a la vista que ayuda a la percepción de los temas teóricos.

4.2. PRAXIS

Según Sarquis, "El hacer práctico, busca la justicia mediante la acción en la vida cotidiana" (Sarquis, 2012, p. 28). Visto que el estudiante está iniciando su camino de formación para la experiencia profesional, el hacer práctico consiste en el análisis de las obras que no son propias, obras de otros arquitectos cuya información está publicada, tiene información online o se trata de obras posibles de visitar.

Las clases teóricas introducen arquitectos y obras de arquitectura en tierra que se pueden analizar desde las ideas proyectuales al detalle constructivo. Como ya fue mencionado, la elección de cada obra de referencia (obras de otros profesionales) depende del estudiante en función de las intenciones para resolver su propuesta Los estudiantes analizan las obras de referencia elegidas en función de los principios definidos por el método (compositivos, arquitectónicos, estéticos, tecnológicos y de materialidad).

Aunque el fin es resolver la solución constructiva, la propuesta solo interesa si se explica en todos sus principios, desde la arquitectura e ideas a la tectónica, la forma y la materialidad.

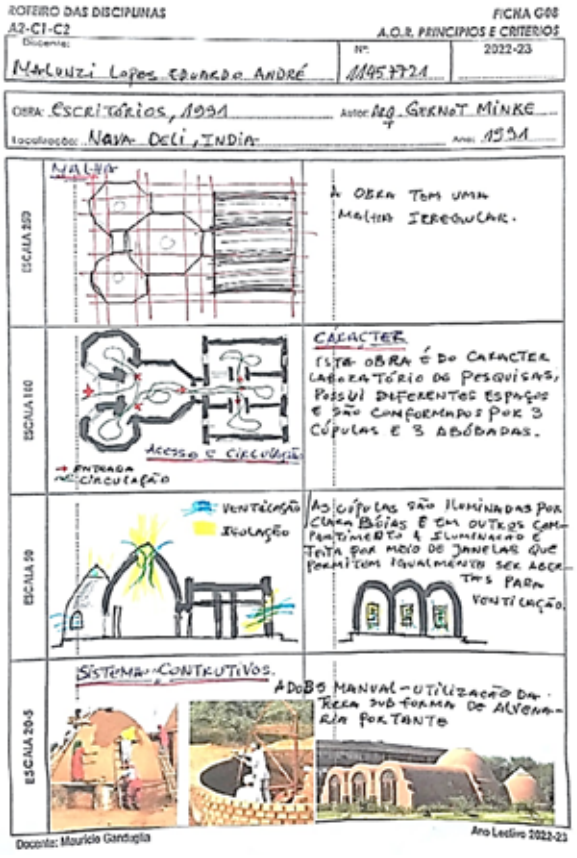


Figura 3. Análisis de obra – Escalas y principios.
© Estudiante: Malunzi André, 2022-23.

El método propuesto define principios en función de la información que se puede dibujar y visualizar en cada escala de dibujo, y a partir de ahí explicar el resultado (fig.3):

- Escala 1:250 / Principios Compositivos: geometría, proporción, llenos y vacíos, grilla, ritmo, ejes, repetición, simetría, equilibrio;
- Escala 1:100 / Principios Arquitectónicos: carácter, funcionalidad, escala, programa, modulo espacial, modulo estructural, organización espacial, accesos y circulaciones, áreas húmedas, áreas sociales y privadas, redes técnicas;
- Escala 1:50 / Princípios Estéticos: Texturas, colorimetrias, confort y habitabilidade;
- Escala 1:20 / Principios Tecnológicos: Sistemas constructivos (y las conexiones entre ellos para evitar puentes térmicos y otras tipologias), Antropologia del espacio, antropometría, modulo constructivo (las unidades mínimas de medidas que resuelven la propuesta);
- Escala 1:5 / Principios de Materialidad: Elementos Constructivos, modulo constructivo (el material, sus medidas y propiedades)

Las obras de referencia deben poseer principios ordenadores semejantes que ayuden a explicar las intenciones y los resultados proyectuales.

Las soluciones técnico-constructivas se explican en las escalas 1:20 y 1:5, pero son necesarias las reflexiones previas en las otras escalas para entender la propuesta y el sistema de medidas adoptado, desde la grilla compositiva en la escala 1:250 hasta la organización funcional en la escala 1:100, que explica por ejemplo la disposición de las áreas húmedas para mejorar la eficiencia de la propuesta que utiliza materiales naturales (Fig. 4). Es en la escala 1:20 donde los estudiantes comprenden (fundamentalmente en corte) las relaciones entre los elementos constructivos, y en la escala 1:5, donde los estudiantes se enfocan en los detalles específicos al uso de materiales naturales y técnicas constructivas asociadas.(Fig. 5) De esta manera, la arquitectura de tierra se integra con los aspectos técnicos, pero enfatizando una práctica no tan divulgada como el análisis de los principios de composición y de orden que son parte de las asignaturas de la teoría de la arquitectura.

Estas fichas facilitan el resumen y el análisis de obras según criterios de principios de composición y de orden que son parte de las asignaturas teóricas convencionales. Además, permite entender que la arquitectura de tierra o de materiales naturales se encuadra de la misma manera dentro de la arquitectura como disciplina milenaria.

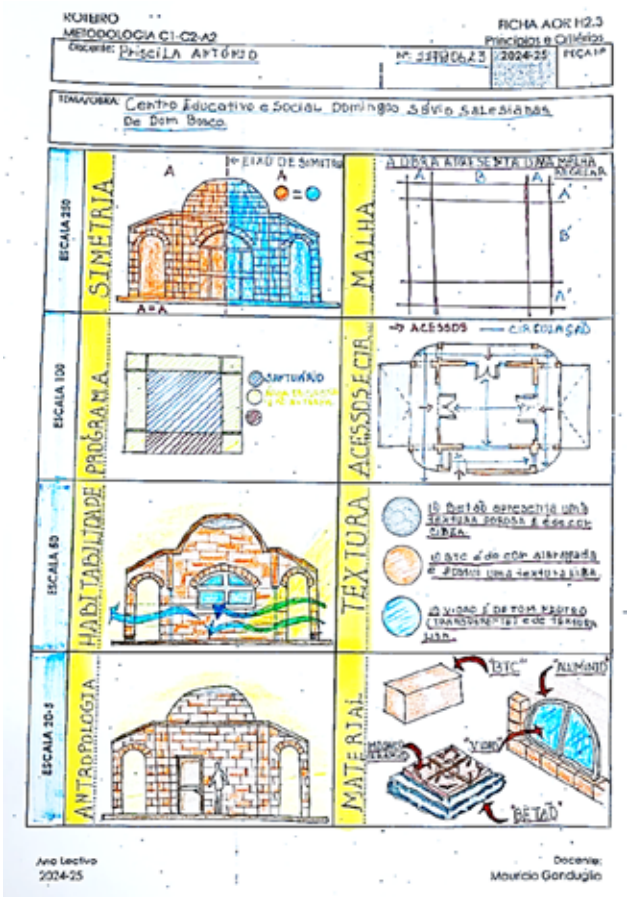


Figura 4. Ficha de Análisis de obra-Principios ordenadores.
© Estudiante Priscila Antonio, 2024-25.

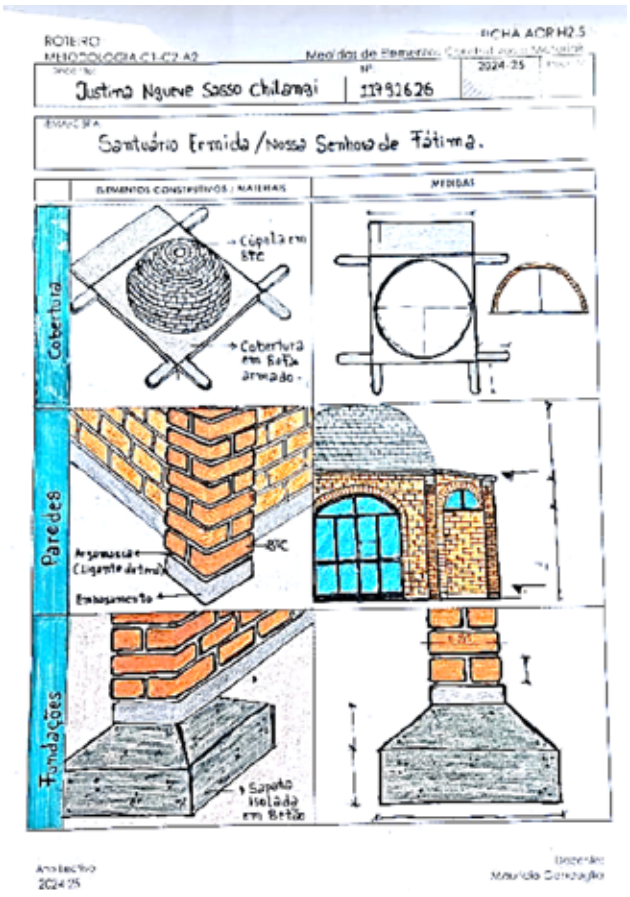


Figura 5. Ficha de Análisis de obra-Elementos constructivos.
© Estudiante Justina Chilangi, 2024-25.

En la segunda etapa, "Praxis", el estudiante debe entregar el análisis de 2 obras de referencia que reúnan características para ser encuadradas en los principios ya mencionados y presenten la solución (parcial o completa) para algunas de las escalas y temas que se debe resolver en la propuesta.

Este método que relaciona temas de análisis y escalas de dibujo sirve, tanto para el análisis que se resuelve en formatos de esquemas y textos, como para el dibujo técnico en las diferentes escalas que se explica a seguir.

4.3. POIESIS

Según Sarquis, "El hacer poiético, busca la producción o fabricación de artefactos mediante la proyectualidad previa, de los entes que "todavía-no" son. Es el resultado creativo, poético. El aprendizaje, la reflexión a partir de la teoría y la praxis" (Sarquis, 2012, p. 28)
Según el método propuesto, Poiesis es el resultado proyectual que los estudiantes resuelven su propuesta en función de:

- La prerrogativa proyectual: La retícula geométrica funcional del proyecto base debe ser respetada;
- La teoría (elementos constructivos, técnica constructiva y materialidad);
- Las ideas extraídas-adaptadas de las obras elegidas;
- Sus intenciones subjetivas, preferencias y emociones;
- en búsqueda de la forma del objeto arquitectónico que destaca el potencial de los materiales.

La propuesta poética, creativa y original, que conjuga desde las ideas compositivas a las soluciones constructivas, se presenta en dos formatos:

4.3.1. El **Texto Explicativo Integrador (TEI)** resume la información analizada en "Theoria" (fichas de teoría, de resumen bibliográfico) y "Praxis" (análisis de obras) con las ideas destacadas que se produjeron en función de las conclusiones desarrolladas entre teoría y praxis (Fig. 6 y 7). Aquí predomina el texto, y los esquemas (dibujos a mano) evidencian los resultados formales.

Es necesario tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, es la primera vez que un estudiante se encuentra en esta situación de explicar la teoría y sus resultados, más allá de la memoria descriptiva. Con estas reflexiones, el estudiante tiene las propuestas para resolver su proyecto con un argumento que lo explica y justifica, ya que muchas veces, el argumento es un dialogo docente-estudiante que no se materializa en la presentación de los trabajos.

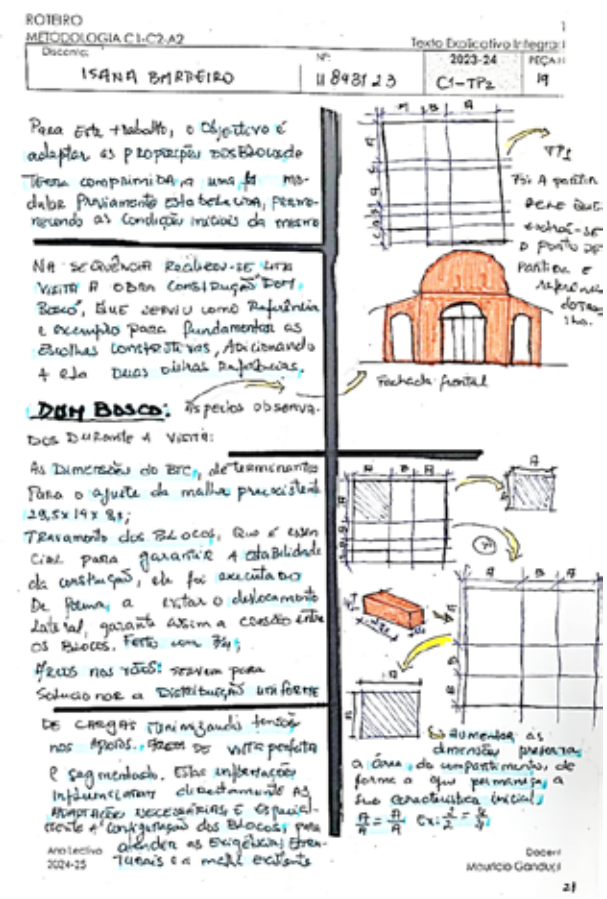


Figura 6. Texto Explicativo Integrador, Obras de referencia.
© Estudiante Isana Barreiro, 2024-25.

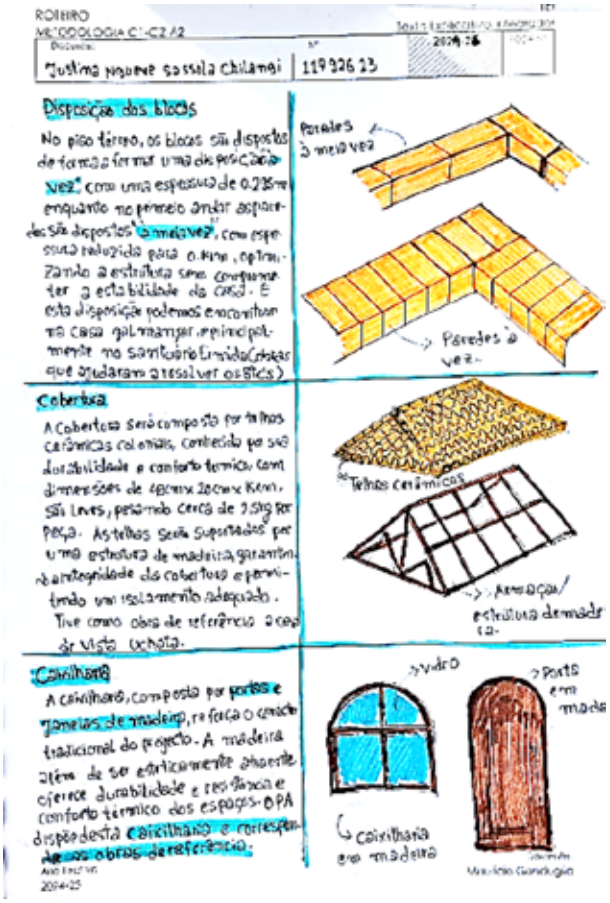


Figura 7. TEI, Soluciones Constructivas.
© Estudiante Justina Chilangi, 2024-25.

Así, la asignatura incentiva a los estudiantes a apoyarse sobre proyectos existentes y fundamentalmente los temas teóricos específicos para desarrollar una reflexión relacionada con la parte estética de la obra, y al mismo tiempo, brindarles herramientas para poder realizar sus próximas investigaciones de manera autónoma.

4.3.2. El **Dossier de Proyecto (DP)** presenta los dibujos técnicos de la propuesta arquitectónica (implantación, plantas, cortes, fachadas) resultante de la poiesis.

En esta componente predomina el diseño técnico y, los esquemas y textos presentan las intenciones y conceptos que llevaron a ese resultado.

Para orientar la reflexión sobre el dibujo, y que ayude en la comprensión del dossier, el estudiante tiene determinados tópicos a evidenciar en cada escala que corresponden con los principios ya presentados (Praxis) La condición es simple: se debe reflexionar sobre lo que es posible dibujar con información suficiente en cada escala de diseño. Aquí caracterizamos cada una de las escalas, entendiendo que no es necesario realizar todas las escalas de dibujo, todo el tiempo, ya que depende de cada trabajo práctico y los contenidos que sean necesarios resolver:

a. La escala compositiva (1:500 o 1:250)
Permite visualizar la propuesta integral. Además de ver la solución técnica (implantación), es la oportunidad para presentar las primeras ideas de interpretación de las formas del lugar (conceptual) y los criterios compositivos (principios organizadores) que definen la forma resultante (retícula, geometría, etc).Tambien es posible entender la evolución de la forma desde el proyecto original a la adaptación en función de diferentes materiales En la Fig. 8 se presenta el proyecto original y el proyecto adaptado donde es posible entender cómo, respetando la malla funcional, el estudiante resuelve una manera de disponer los vanos de las aberturas en la pared de BTC, respetando la grilla del proyecto y las condiciones técnicas del material.

b. La escala arquitectónica (1:100)
Presenta la solución funcional en el dibujo técnico y los esquicios argumentan esas respuestas en relación a la forma (circulaciones, zonificación, modulo estructural, modulo espacial, áreas húmedas-redes hidraulicas,etc.).

c. La escala estética (1:50)
Permite definir como se utilizan los materiales de los elementos constructivos en la tipología para visualizar la propuesta

Figura 8. Escala 1:250 - Proyecto original /Proyecto adaptado.
© Estudiante José Nicolau.

estética de la planta-fachada, incluyendo temas de habitabilidad y confort, iluminación natural, ventilación y sombras.

d. La escala tecnológica (1:20)
La escala 1:20 es la escala intermedia entre la tipología y el detalle constructivo. La llamamos escala del sector-espacio y permite evidenciar la integración de los materiales de todos los elementos constructivos para resolver un espacio habitable (en planta y corte). En este momento se hacen los estudios antropométricos para resolver el aprovechamiento de los espacios. En cuanto a la tecnología constructiva de materiales naturales, es el momento de reflexionar y comprender las razones para que un mismo material adopte formas y medidas específicas para resolver diferentes elementos constructivos, por ejemplo, la piedra en fundaciones, embasamientos y paredes; la tierra en paredes, pisos y revoques, o la madera en puertas, ventanas y estructura de techos. (Fig. 9)

e. La escala de la materialidad (1:5)
El detalle constructivo evidencia los materiales utilizados que permiten resolver la propuesta arquitectónica, teniendo en cuenta sus propiedades físicas (forma, densidad, resistencia). Un buen detalle constructivo según este método, no se resuelve apenas con buenos materiales y soluciones técnicas, también debe presentar un diferencial en la estética, la calidad de vida y del espacio.

En la última etapa, "Poiesis", el estudiante debe integrar el Texto Explicativo Integrador (TEI) a las fichas A4 de resúmenes y análisis de obras; y, en formato A3, las piezas dibujadas de las diferentes escalas.

En cuanto a la metodología, son varias las innovaciones en esta componente que presenta los resultados: el texto explicativo integrador (TEI), que substituye la Memoria descriptiva, incluye la explicación de las ideas utilizadas, las intenciones y la propuesta en el argumento.

El dossier de proyecto, no es apenas una sucesión de dibujos técnicos (plantas, cortes, fachadas, detalles), sino que son piezas de dibujo que integran las ideas mediante esquemas y frases.

En cuanto a las ideas, la innovación es que la materialidad del proyecto constituye una componente fundacional de la idea, y se integra desde los principios ordenadores y compositivos de la propuesta.

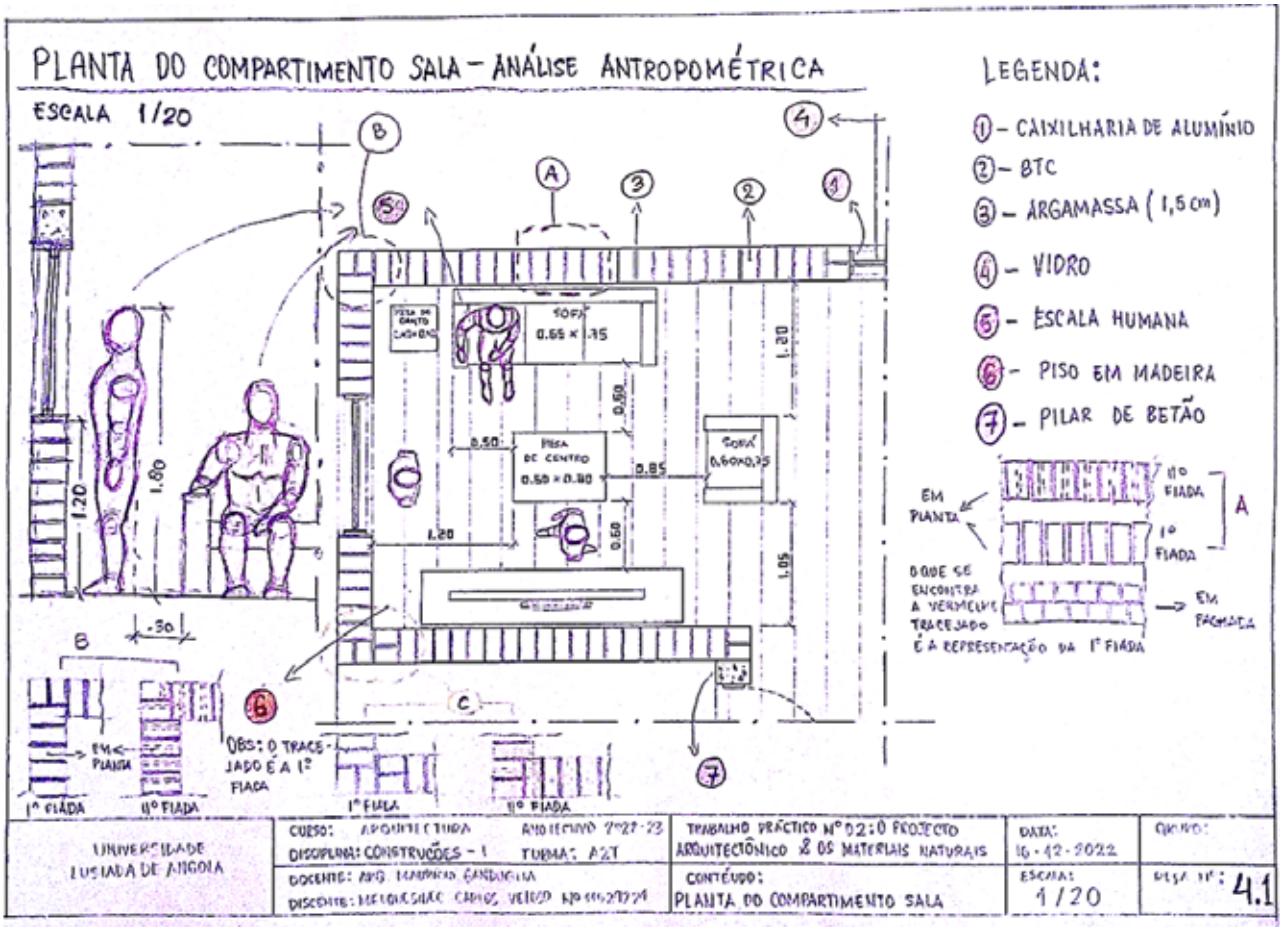

PLANTA DO COMPARTIMENTO SALA – ANÁLISE ANTROPOMÉTRICA
ESCALA 1/20
LEGENDA:
1 – CAIXILHARIA DE ALUMÍNIO
2 – BTC
3 – ARGAMASSA (1,5 cm)
4 – VIDRO
5 – ESCALA HUMANA
6 – PISO EM MADEIRA
7 – PILAR DE BETÃO
EM PLANTA
EM FACHADA
OBS: O TRACEJADO É A 1ª FIADA
UNIVERSIDADE LUSÍADA DE ANGOLA
TRABALHO PRÁCTICO Nº02: O PROJECTO ARQUITECTÓNICO & OS MATERIAIS NATURAIS
CONTEÚDO: PLANTA DO COMPARTIMENTO SALA
DATA: 16-12-2022
ESCALA: 1/20
FOLHA Nº: 4.1

Figura 9. Dossier de Proyecto -Escala 1:20.
© Estudiante: Melquisedec Carlos, 2022-23.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

• El resultado proyectual final

Al final del año lectivo los estudiantes hacen un análisis comparativo del proyecto adaptado a los diferentes materiales y comprenden la sutileza en las soluciones morfológicas del proyecto en función de las características y propiedades de los materiales (Fig. 10)

• El método y la autonomía del estudiante

El método propone diferentes abordajes para iniciarlo y así posibilita que cada estudiante construya, a su manera, un argumento con todos sus componentes. Los estudiantes se sienten más confiados y seguros cuando eligen la forma de abordar el tema, desde lo objetivo y racional hasta lo subjetivo y emocional (gustos, preferencias, etc.) y les resulta más confortable para explicar los resultados en función de los argumentos teóricos.

• La didáctica, facilitadora del proceso

El sistema de fichas y la elaboración de un texto explicativo integrador son eficaces ya que permiten que el estudiante comprenda el estado de situación de su trabajo (lo que hay, lo que falta, lo que se debe analizar o argumentar), permitiéndole administrar y planificar sus tiempos.

• La opinión de los estudiantes

Los estudiantes manifiestan que el método les ayuda a resolver la propuesta de manera más eficaz, economizando tiempo, y también les permite adaptar el método a otras asignaturas (como historia, teoría, proyecto, etc), obteniendo mejores resultados.

• La metodología y el tema de estudio

Los estudiantes comprenden la importancia de la materialidad (la densidad, la resistencia, texturas, estética) para definir la morfología del objeto arquitectónico, Los criterios técnicos son transformados en conceptos de diseño en todas las escalas y en cada trabajo práctico el proyecto base se ajusta a los diferentes materiales.

• La metodología como tema de investigación

Si a nivel de los contenidos, este método es utilizado en las asignaturas de Arquitectura (proyecto) y Construcciones (1 y 2), la investigación avanza como proyecto de investigación doctoral para su validación, y podría continuar con la adaptación a otras asignaturas o en otros niveles de formación.

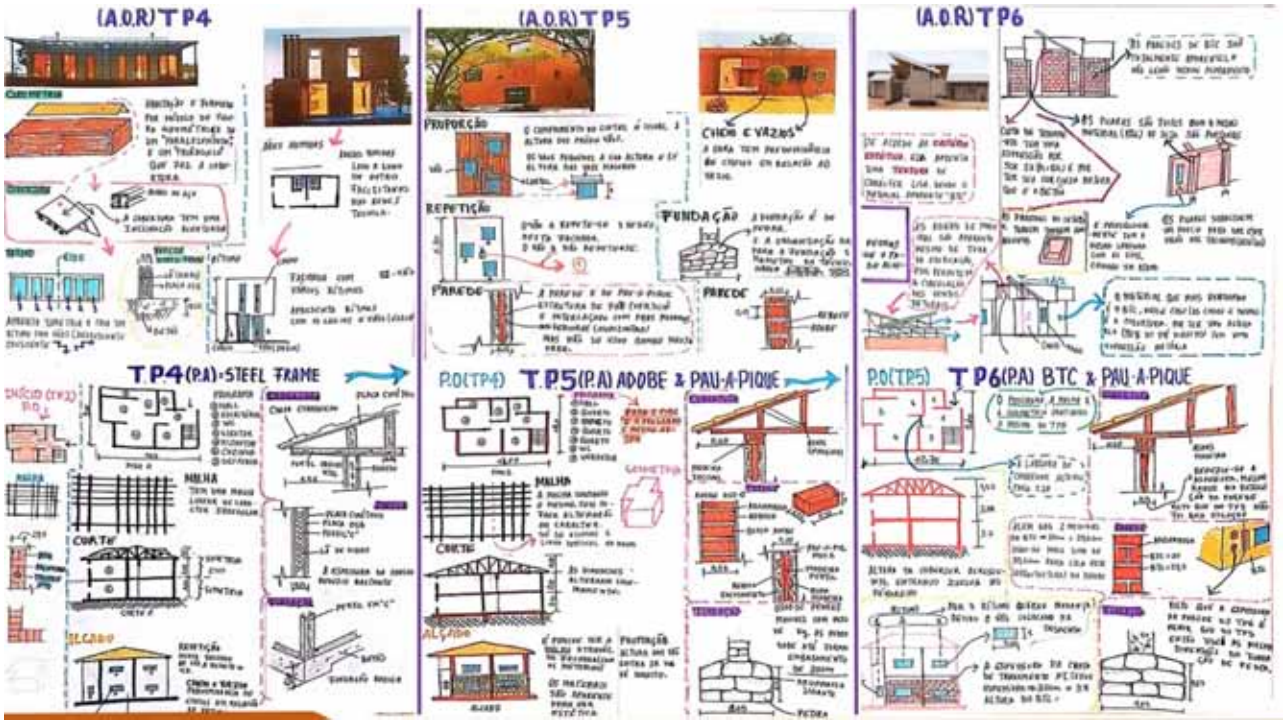


Figura 10. Propuesta Evolutiva de Construcciones 1, 2°Semestre 2022-23.

© Estudiante: Pedro Zankatu.

BIBLIOGRAFIA

UIA-UNESCO (2023) *Charter for Architectural Education*. https://www.uia-architectes.org/en/resource/unesco-uia-charter-for-architectural-education-revised-july-2023/

Ching, F. (1989). A*rquitectura: Forma, Espacio y Orden*. Ed. GG, Barcelona

Ching, F. - Addams, C. (2006). *Guía de Construcción Ilustrada*. Ed. GG, Barcelona.

Ching, F. (2012). *Diccionario Visual de la Arquitectura*. Ed. GG, Barcelona.

Freire, P. (1997). *Pedagogia da Autonomia. Paz e Terra*. São Paulo.

Houben, H. - Guillaud, H. (1989). *Traité de construction en terre*. Ed. Parenthèses, Marseille.

Brauer, M. (2013) *Enseigner á lUniversité*. Ed. Armand Colin, Paris.

Sarquis, J. (2008-12) *Itinerarios de Proyecto 1*. Ed. Nobuko, Buenos Aires.

Schön, D. (1992). *La Formación de Profesionales Reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Ed. Paidós, Barcelona.

NOTA BIOGRÁFICA DEL AUTOR

Mauricio GANDUGLIA. Arquitecto, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP- Argentina (1997). DSA en Culturas de la Construcción y Desarrollo Sustentable (CRATerre-ENSAG, Francia, 2005-07). Miembro de la asociación CRATerre, Profesor en la Universidad Lusiada de Angola desde 2008: (Asignaturas: Arquitectura 2, Construcciones 1 y 2). Coordinador de programas de sensibilización, de formación en tres niveles y de construcción con materiales locales.

CHANGER D'ÉCHELLE DANS LA FORMATION : DOCUMENTER ET DIFFUSER L'APPRENTISSAGE PAR L'EXPÉRIENCE.

Sébastien CHALIÈS, Université de Montpellier – Faculté d'Éducation - Laboratoire interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF) (sebastien.chalies@umontpellier.fr)
Adélie COLLETTA, amàco (adelie.colletta@amaco.org)
Laetitia FONTAINE, Unité de recherche Architecture, Environnement & Cultures Constructives (AE&CC) - équipe CRAterre École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG) – Université Grenoble Alpes (UGA) (fontaine.l@grenoble.archi.fr)

RÉSUMÉ

La construction en terre impose de repenser le cycle de construction architecturale dans son intégralité, depuis le territoire duquel est extraite la matière première jusqu'aux gestes artisanaux de formulation et de mise en œuvre d'un matériau conçu à partir de celle-ci, en passant par la conception puis la construction du bâtiment au cœur d'un environnement tout à la fois économique, social et culturel. De fait, elle transforme aussi les formations, en particulier celle des architectes.

Depuis plus de 10 ans, le centre de recherche, de formation et d'expérimentation amàco (atelier matières à construire) s'efforce d'accompagner cette transformation en développant, notamment, une pédagogie centrée autour de l'apprentissage de la construction en terre par le contact avec la matière brute et sa manipulation. Cette pédagogie puise ses fondements dans les principes de l'apprentissage expérientiel, largement inspiré de la philosophie pragmatique (Dewey, 1938). Elle implique, pour la majorité des apprenant·e·s, une prise de conscience liée à un changement de regard ou d'habitude (Bloom et al., 1956 ; Anderson et al., 2001), qui requiert la construction d'expériences holistiques tout à la fois cognitives, affectives et sensori-motrices (Berthiaume & Daele, 2013).

Dans la continuité de ces travaux, amàco souhaite aujourd'hui questionner plus en précision la possibilité d'accompagner le cours des expériences construites par les apprenant·e·s et les conditions permettant de rendre possible le processus de substratification expérientielle (Dastugue et Chaliès, 2020), autrement dit la possibilité donnée à certaines expériences (par exemple construites à l'occasion d'une rencontre avec la matière) de devenir ressource pour d'autres expériences (par exemple de conception architecturale). C'est en ce sens qu'un projet de recherche collaboratif a été construit entre amàco et certains chercheurs du Laboratoire interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation (LIRDEF) de l'Université de Montpellier.

Dans le détail, la communication présentera trois volets de ce projet. L'hypothèse scientifique placée au cœur du projet, construite à partir du travail de P. Steiner et la définition des concepts comme techniques d'usage de signes incluant intrinsèquement une sensibilité au contexte (Steiner, 2022), sera tout d'abord explicitée. Sur cette base, le dispositif expérimental mis en œuvre et les premiers résultats obtenus seront détaillés. Enfin, les perspectives ouvertes en matière de transformation de la formation à l'architecture seront avancées.

INTRODUCTION

En France, depuis les années 1970, s'est développée, formalisée, enrichie et diffusée une approche de l'apprentissage de la construction en terre, et de l'architecture avec les matériaux bruts et peu transformés, par l'expérience de la matière (Fig. 1). Cette approche, alimentée par les travaux du labora-

toire CRAterre et inspirée des courants de pensée sur l'apprentissage expérientiel (Kolb, Dewey), est portée et éprouvée par amàco depuis 10 ans.

Figure 1. Apprentissage expérientiel lors d'un atelier de formation, 2024.
© amàco.

Conjointement au développement d'outils pédagogiques et à l'animation de formations, un travail de diffusion de cette approche a été entrepris à travers l'accompagnement, par l'équipe d'amàco, des enseignant·e·s dans les écoles.

Aujourd'hui, on constate que cette diffusion à la carte est insuffisante pour répondre aux enjeux de transformation des métiers et des enseignements. En portant le projet amàRéno, amàco poursuit un objectif de massification des compétences en réhabilitation avec les matériaux bio et géo-sourcés, qui passe par la diffusion de méthodes pédagogiques. La mise en œuvre d'une approche plus « standardisée » de la formation de formateur·ice·s parait alors nécessaire à ce changement d'échelle.

Toutefois, l'élaboration d'un format spécifique de formation de formateur·ice·s nécessite une phase préalable d'observation/objectivation des formations proposées par amàco. C'est dans cet objectif qu'un travail de recherche, accompagné par le laboratoire LIRDEF (Université de Montpellier), a été entrepris. Ce travail a pour but, en premier lieu, d'objectiver les activités pédagogiques employées par amàco dans ses formations afin d'alimenter, en second lieu, la conception de dispositifs originaux de formation de formateur·ice·s. Cet article rend compte des premiers résultats obtenus dans ce cadre et des pistes qu'ils dessinent en matière de formation de formateur·ice·s ou, pour le dire autrement, des stratégies qui se révèlent pour changer d'échelle dans la diffusion et la massification des compétences concernant la réhabilitation avec les matériaux bio et géo-sourcés.

1. CADRE THÉORIQUE

Une recherche collaborative a été engagée par les chercheur·e·s auprès des formateur·ice·s d'amàco afin de comprendre de l'intérieur leurs pratiques de formation et, sur cette base, de produire des propositions nouvelles en matière de formation de formateur·ice·s.
Cette recherche a été menée dans le cadre d'une anthropologie culturaliste (Chaliès & Bertone, 2021). Elle lui emprunte, plus précisément, trois de ses principaux postulats théoriques.

1.1. LES PRATIQUES PROFESSIONNELLES SE RÉALISENT DEPUIS ET DANS UNE LANGUE DE MÉTIER

Le premier postulat est celui selon lequel toute activité professionnelle, comme celle par exemple de formation menée par amàco, est par nature instituée culturellement et, de fait, comporte un arrière-plan à la fois matériel, fait d'outils, de matériaux, de plans, etc., mais aussi symbolique comportant des règles. Chaque métier, intégrant donc plusieurs activités professionnelles, peut par conséquence être assimilé à un « jeu » (Wittgenstein, 1996) de règles instituées auxquelles les professionnels se doivent d'être familiarisés pour comprendre les attendus et y répondre de façon satisfaisante. Les règles d'un métier définissent en effet les significations élémentaires des faits et des actions ainsi que les finalités à poursuivre en les réalisant. On comprend dès lors que l'intelligibilité d'une réalité sociale, ici en l'occurrence une réalité professionnelle, dépende des « *règles et conventions auxquelles se conforme l'action dans un ordre social donné* » (Winch, 2003, p. 248) et, plus largement encore, d'une éthique singulière et située. C'est cet ensemble qu'il est possible de rapprocher d'une « langue de métier » (Cru, 2014), langue qui, possédée, donne la possibilité aux professionnels d'un métier, non seulement de parler de leurs expériences et de les partager, mais aussi d'anticiper les actions des autres et de se coordonner avec eux, d'apprécier la pertinence des effets attendus et d'évaluer les résultats de leur potentielle « action collective » (Le Du, 2004 ; Livet, 1993). A l'inverse, la non possession de la langue, comme dans le cas des individus entrant dans un métier, conduit à la non compréhension de la signification des faits et des actions observées chez autrui et à l'incapacité d'agir ou de viser des finalités ayant un sens pour la communauté.

La première question portée par la recherche est donc de savoir si les formateur·ice·s d'amàco, aux trajectoires professionnelles différentes, partagent malgré tout une langue de métier comportant des actions, des règles, des finalités et une éthique partagées.

1.2. SÉMANTIQUE ET SYNTAXE DES ACTIONS DANS LA LANGUE DE MÉTIER

Faite tout à la fois d'actions, de règles, de finalités et d'une éthique, chaque langue de métier est intrinsèquement complexe. La posséder nécessite pour les professionnels un apprentissage des actions, mais aussi des règles du jeu (de métier)

considéré c'est-à-dire de la signification et de la syntaxe qu'ils leur attribuent. Selon Paul Ricœur (1986), pour qu'une action soit intelligible par un observateur ou l'acteur lui-même, elle doit avoir une syntaxe reconnaissable et une signification associée, « d'emblée publiques ». C'est en ce sens qu'il est possible de considérer avec Wittgenstein, que c'est dans un « jeu de langage » - qui plus que « verbal » est « pratique » - que l'action de chacun a un sens. La description de ce sens, la compréhension des finalités poursuivies et la téléologie des actions réalisées ne sont donc possibles qu'au sein du jeu de langage qui leur donne la possibilité d'être pensées et réalisées. Sans ces règles, l'expérience reste « muette » selon la formulation de Bouveresse (2003) et « ne nous recommande pas de tirer d'elle quoi que ce soit » (Wittgenstein, 2004).

Dans le détail, la syntaxe de ces règles dans le jeu, ici de métier, peut-être de trois types. Tout d'abord, les règles peuvent être prescriptives et donc régulatrices au sein du jeu (Descombes, 2020). Elles disent alors ce qui doit impérativement être fait et de ce point de vue peuvent être assimilées aux normes en vigueur dans ce dernier. Ce sont là, par exemple, toutes les règles relatives à la sécurité. Leur syntaxe est la suivante : {Dans les circonstances « A », il faut faire « B » (ou ceci)}. Par ailleurs, les règles peuvent être « constitutives » du jeu. Elles assignent alors des fonctions à des objets et des significations aux actions et/ou aux faits qui se réalisent et/ou apparaissent en son sein (Wittgenstein, 1992). Contrairement aux règles prescriptives, ces règles n'empêchent pas les acteurs de s'en détourner, de suspendre momentanément leur adhésion. Néanmoins, ils restent contraints de les mobiliser s'ils souhaitent « jouer » correctement « des coups » comme autorisé dans le jeu, se faire comprendre et se coordonner avec les autres joueurs. Leur syntaxe est la suivante : {Faire « A » (ou ceci) / compte ou vaut pour / faire « B » (ou cela) / dans les circonstances « C »}. Enfin, les règles peuvent être « téléologiques » lorsque les acteurs sont invités à rendre compte, voire à justifier, le sens de leurs actions. Ils peuvent alors expliquer les raisons ou les causes de leurs actions en convoquant (a) des faits/circonstances susceptibles de les déterminer et/ou (b) des systèmes d'actions ou (c) des finalités/résultats attendus susceptibles de la justifier (Von Wright, 1998). Parfois les énoncés téléologiques visent à expliquer le sens d'une action en rapport avec ce que l'acteur considère comme des causes ayant justifié sa décision de la réaliser. {Leur syntaxe-type peut être résumée ainsi : je fais « A » (ou ceci) / à cause de / « B » (ou cela)}. Parfois, ils visent à expliquer le sens d'une action en rapport avec ce que l'acteur considère comme les règles à suivre pour qu'il soit possible de la réaliser. Leur syntaxe peut être résumée ainsi : {je fais « A » (ou ceci) / parce que / ça permet de faire « B » (ou cela)…}. Parfois, enfin, ils expliquent la finalité ou le résultat attendu de l'action. Leur syntaxe peut être résumée ainsi : {Je fais « A » (ou ceci) / pour / obtenir le résultat « B » (ou cela)}.

Dans le prolongement de la première question portée par la recherche, la seconde est donc de savoir si les formateur·ice·s d'amàco partagent ou pas tout ou partie du même jeu de langage, autrement dit, suivent les mêmes règles lorsqu'ils rendent des comptes sur leurs activités de formation.

1.3. RAISONNEMENT PRATIQUE, INTENTION ET FINALITÉ

Par la tenue d'entretiens dits « d'autoconfrontation » des acteurs à leurs actions passées (voir la partie « Méthode »), il est possible d'accéder puis de formaliser la description téléologique qu'ils font de leurs actions passées au travers de « raisonnements pratiques » (Ricœur, 1986). Ces raisonnements pratiques sont constitués d'enchâssements de règles, possiblement assimilables à des « briques » élémentaires à partir desquelles le sens de ce qui a été fait est énoncé.

Ces raisonnements pratiques peuvent, par nature, prendre des formes diverses, autrement dit, articuler de façon toujours singulière les différents types de règles préalablement détaillés. Ainsi, par exemple, le raisonnement pratique peut se présenter comme suit : {Dans les circonstances « A », faire « B » (ou ceci) / vaut pour / faire « C » (ou cela) parce que ça permet de faire « D » (ou ceci) et parce que ça permet de faire aussi « E » (ou cela) ce qui obtient comme résultat « F »}.

Par-delà les diverses formes que peuvent prendre les raisonnements pratiques, il est ici important de souligner qu'ils permettent aux acteurs, lors par exemple d'un dialogue avec un chercheur, de décrire et justifier les significations, mais aussi les finalités des actions réalisées, et donc d'exprimer leur intentionnalité. À ce stade, il nous apparait heuristique, en prenant appui sur les propositions de Livet (2005), de distinguer plusieurs degrés d'intentionnalité. Il est en effet possible, *a minima*, de distinguer l'intention dite « préalable » dont l'acteur a potentiellement conscience avant l'action ensuite engagée, et qui peut être considérée comme l'intention à son origine, et l'intention dite « en action » qui fait corps avec l'action en cours de réalisation. Précisons que pour l'auteur, la constitution d'une intention préalable, soit d'une finalité associée à l'action, est le résultat d'une élaboration cognitive progressive, à partir de la multiplicité d'intentions en action. Ce n'est donc pas une construction cognitive indépendante et préalable à l'action qu'elle planifierait et contrôlerait ensuite. Cette modélisation apparaît comme particulièrement intéressante pour saisir la concaténation des diverses intentions en jeu dans les raisonnements pratiques des acteurs. Au sein de ces raisonnements, certaines règles, ou composantes de règles, peuvent en effet constituer des éléments d'intention en action ou d'intention préalable, autrement dit de finalité. Ainsi, pour le raisonnement pratique proposé en amont : {Dans les circonstances « A », faire « B » (ou ceci) / vaut pour / faire « C » (ou cela) parce que ça permet de faire « D » {Intention d'action} et parce que ça permet de faire aussi « E » {Intention d'action} ce qui obtient comme résultat « F » {Finalité}}.

La troisième question portée par la recherche est donc de savoir si, à partir de la formalisation des raisonnements pra-

tiques des formateur·ice·s quant à leurs actions de formation, et plus particulièrement de leur engagement intentionnel, il est possible d'instituer une « identité amàco ».

2. MÉTHODE

2.1. DISPOSITIF DE RECHERCHE

Le dispositif de recherche a été mené à partir d'octobre 2023 et s'achèvera en décembre 2024. L'étude présentée dans cet article n'exploite les données recueillies, puis traitées, que dans la première moitié de ce dispositif. Structurellement parlant, le dispositif de recherche a été pensé par le collectif hybride « chercheur·e·s-formateur·ice·s » comme un processus itératif fait d'aller-retour (Fig. 2) entre : des séquences de formation menées par certain·e·s formateur·ice·s lors de sessions de formation thématiques et des entretiens d'autoconfrontation simples (EACs) y faisant suite ; des séquences d'analyse collective par l'équipe pédagogique amàco menées sous la forme d'un entretien d'autoconfrontation collectif (EACc).

Les formations supports à l'enregistrement des actions de formation sont quatre formations continues (à destination d'un public de professionnel·le·s de la construction : architectes, ingénieur·e·s, artisan·e·s, maîtres d'ouvrage…), et une formation de formateur·ice·s. Elles se sont toutes déroulées pendant une durée d'une semaine :

- Formation n° 1 : Construire et rénover le pisé (octobre 2023)
- Formation n° 2 : Cloisons en terre crue en construction et en rénovation (novembre 2023)
- Formation n° 3 : L'art de l'enduit : du design à l'architecture (décembre 2023)
- Formation n° 4 : Formation de formateur·ice·s (Apprendre à) enchanter la terre (janvier 2024)
- Formation n° 5 : Construire et rénover en terre crue (mars 2024)

2.2. PARTICIPANT·E·S

Le dispositif de recherche a été mené avec l'équipe pédagogique amàco. Elle est constituée de la directrice d'amàco, ainsi que six formateur·ice·s. Leur ancienneté dans la structure, tout comme leur expérience de formateur·ice·s, est très différente. L'équipe est accompagnée par un chercheur du LIRDEF, ainsi que par une ingénieure pédagogique d'amàco.

Certain·e·s formateur·ice·s ont accepté que leur pratique de formation soit enregistrée et fasse ensuite l'objet d'Entretiens d'Autoconfrontation simples (EACs) et collectifs (EACc). Les formateur·ice·s suivis et interrogés étaient :

- Une formatrice, 33 ans, architecte diplômée d'État, 8 ans d'expérience de formation à amàco (formation n° 1, 3 et 4) ;
- Un formateur, 45 ans, architecte diplômé d'État, titulaire d'une habilitation à la maîtrise d'œuvre (HMO) et du diplôme de spécialisation et d'approfondissement (DSA) Architecture de terre, 10 ans d'expérience en design et architecture, 10 ans d'expérience de formation à amàco (formation n° 1, 3 et 4).
- Un formateur, 40 ans, architecte diplômé d'État, titulaire d'une HMO et du DSA Architecture de terre, 13 ans d'expérience en architecture, 4 ans d'expérience de formation à amàco (formation n° 2 et 5).
- Un formateur, 40 ans, architecte diplômé d'Etat et docteur en architecture, titulaire du DSA Architecture de terre, 9 ans d'expérience de formation à amàco (formation n° 4 et 5).

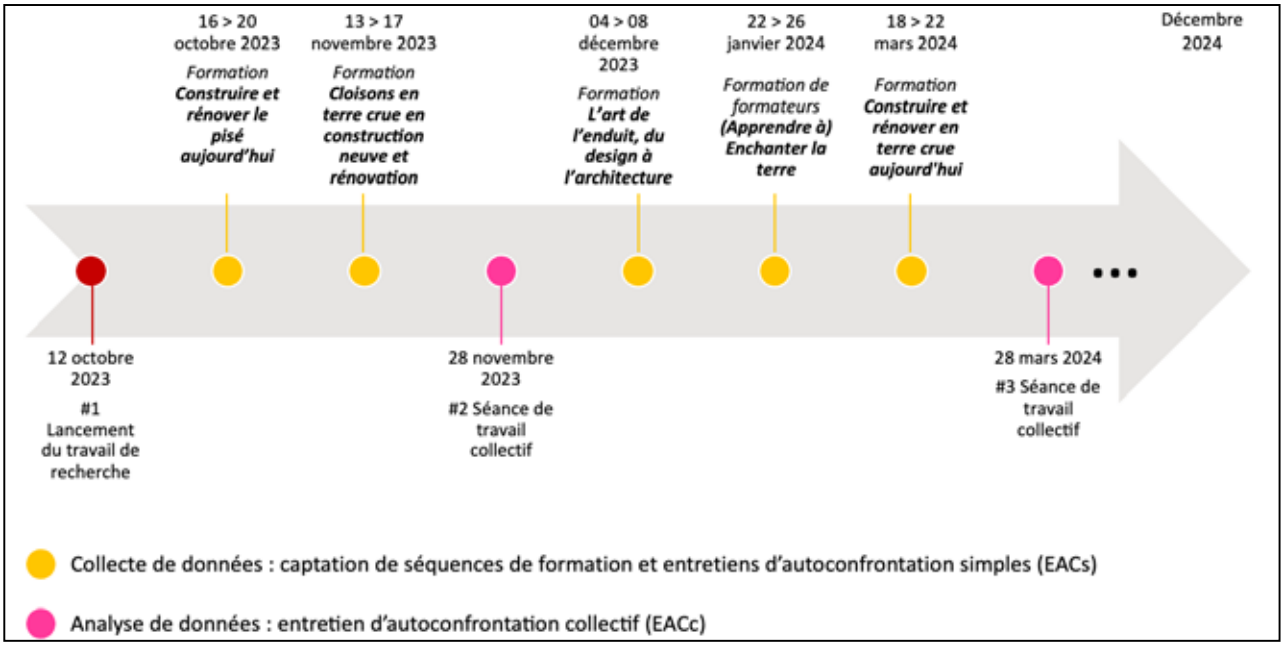

16 > 20 octobre 2023
Formation Construire et rénover le pisé aujourd'hui
13 > 17 novembre 2023
Formation Cloisons en terre crue en construction neuve et rénovation
04 > 08 décembre 2023
Formation L'art de l'enduit, du design à l'architecture
22 > 26 janvier 2024
Formation de formateurs (Apprendre à) Enchanter la terre
18 > 22 mars 2024
Formation Construire et rénover en terre crue aujourd'hui
Décembre 2024
12 octobre 2023
#1 Lancement du travail de recherche
28 novembre 2023
#2 Séance de travail collectif
28 mars 2024
#3 Séance de travail collectif
Collecte de données : captation de séquences de formation et entretiens d'autoconfrontation simples (EACs)
Analyse de données : entretien d'autoconfrontation collectif (EACc)

Figure 2. Séquences de formation et d'analyse composant le dispositif de recherche.

© amàco.

2.3. RECUEIL DE DONNÉES

Deux types de données ont été recueillis pour réaliser l'étude.

Les données extrinsèques sont issues de l'enregistrement audio-vidéo :
• des séquences de formation ciblées par l'équipe pédagogique ;
• des séquences collective d'analyse précédant ou faisant suite aux séquences de formation.

Les données intrinsèques renseignant l'activité des formateur·ice·s lors des séquences de formation, ont été recueillies lors des entretiens d'autoconfrontation simples filmés. Ces entretiens ont été menés le jour même de la réalisation de l'activité ou le lendemain (Fig. 3).

Figure 3. Entretien d'auto-confrontation avec un formateur.
© amàco.

Au total, 4 entretiens d'autoconfrontation simples d'une durée de 45 minutes à une heure, ont été réalisés et enregistrés à ce jour.

Les extraits vidéo supports aux entretiens ont été sélectionnés en amont. Par un questionnement semi-structuré, les formateur·ice·s ont été incités à entrer dans une description téléologique de leurs actions passées. Pour ce faire, les relances visaient à entrer dans la description et la justification des règles sous-jacentes à ces dernières ainsi qu'à leur concaténation. Elles étaient relatives aux objets des actions (*Qu'est-ce que je/tu fais là ?*), au jugement porté sur celles-ci et à leur justification (*qu'est-ce que tu en penses ? C'est comme cela qu'il faut faire ? À quoi tu vois que ?*), aux raisons ou encore aux finalités visées (*Pour quelle(s) raison(s) tu /je fais ça ? Pour obtenir quel résultat ?*).

2.4. TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données d'enregistrement audiovisuel des entretiens d'autoconfrontation simples ont été retranscrites *verbatim*. Elles ont ensuite été découpées en unités d'interaction (UI) autour des raisonnements pratiques développés par les formateur·ice·s. Comme spécifié dans le cadre théorique, la formalisation de chaque raisonnement a respecté une syntaxe rendant compte de la concaténation des règles le constituant. Ainsi, par exemple, pour le formateur : Dans les circonstances « A », faire « B » (ou ceci) / vaut pour / faire « C » (ou cela) parce que ça permet de faire « D » (ou ceci) et parce que ça permet de faire aussi « E » (ou cela) ce qui obtient comme résultat « F ».

Voici un exemple de raisonnement pratique formalisé :

> *Dans les circonstances où* / j'enseigne les états hydriques de la terre [j'apprends aux stagiaires à reconnaitre l'état humide] / **Montrer le test de la boule** / *vaut pour* / devant les stagiaires, former une boule de terre avec la main, la lâcher à environ 1 m du sol et observer la manière dont elle se brise ou non/ *et pour* / donner les clés d'analyse suivantes : si la boule se fragmente en 3 ou 4 morceaux, l'état humide est atteint ; si la boule se fragmente en davantage de petits morceaux, le mélange est trop sec ; si la boule ne se fragmente pas, le mélange est trop humide / *pour* / **permettre aux stagiaires de reproduire le test** / *et pour* / **les amener à qualifier l'état hydrique de leur terre par l'observation** / *parce que* / on veut que les stagiaires utilisent leurs sens pour qualifier l'état hydrique d'une terre et arriver à l'état souhaité / *parce que* / l'état hydrique est quelque chose de variable / *ce qui obtient comme résultat de* / mieux articuler les concepts (ici le concept d'état humide de la terre) avec l'expérience vécue.

L'analyse du discours du formateur lors de l'entretien d'autoconfrontation permet de mieux identifier l'articulation entre les intentions d'actions et la finalité : « *Humide c'est comme un concept, ce n'est pas une science exacte, je veux dire que "humide", c'est une plage assez grande. Mais je dis ici qu'il y a une information empirique, ce qu'on fait dans un chantier pour voir ce qu'est le bon état humide pour le pisé, avec un test qui est le test de la boule* ».

Les raisonnements pratiques ont ensuite été « réduits » puis ordonnés dans un tableau synoptique. La construction de ce récit réduit a été réalisée à partir de l'identification des finalités (Réduction de Niveau 1) et des intentions d'action (Réduction de Niveau 2). Par exemple le raisonnement pratique ci-dessus a été réduit en conservant uniquement la finalité et les intentions d'action. Formellement, sa réduction est la suivante : Obtenir comme résultat « F » (Finalité) nécessite de parvenir à faire « D » et « E » (Intentions d'action). Concrètement sur la base de l'exemple précédent :

> Réduction du raisonnement pratique : {Mieux articuler les concepts (État humide de la terre) avec l'expérience vécue) (Finalité) nécessite de **permettre aux stagiaires de reproduire le test** et de **qualifier l'état hydrique de la terre par l'observation** (Intentions d'action)}

Les données d'enregistrement audiovidéo des entretiens d'autoconfrontation collectifs recueillies lors des séquences d'analyse collective ont été retranscrites *verbatim*. Elles ont été

traitées de sorte à (in) valider, à partir des éléments saillants du débat, le caractère partagé des raisonnements pratiques et de leurs récits réduits.

3. RÉSULTATS

Bien que cette étude ne s'appuie que sur une première partie du dispositif de recherche, deux principaux résultats peuvent être, avec les précautions qui s'imposent, mis en avant.

3.1. L'IDENTITÉ AMÀCO ÉMERGE DE LA MISE EN DÉBAT DES RAISONNEMENTS PRATIQUES PAR L'ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE

L'analyse des raisonnements pratiques des formateur·ice·s, ainsi que de leur réduction, permet de mettre en évidence que quatre principales finalités guident leurs actions de formation. Ces quatre finalités constituent autant de caractères constitutifs de l'identité d'amàco (Fig. 4).

Figure 4. Premier niveau de la carte mentale représentant l'identité amàco.
© amàco

- La première finalité des pratiques de formation analysées est celle de la « **Magie** ». Les formateur·ice·s cherchent à mettre en avant, dans leur pratique pédagogique, la magie de la matière terre et l'émerveillement qu'elle peut susciter.
- La deuxième finalité est l'**articulation constante des concepts** partagés avec les formé·e·s **avec les expériences sensibles vécues** par eux dans les situations proposées.
- La troisième finalité est d'instituer à l'échelle des situations, voir sur le temps long de la formation, une « **chorégraphie et une scénographie** », à partir d'usages toujours singuliers de l'espace, du temps, des outils et de la matière.
- La quatrième finalité est d'instituer une véritable **pluridisciplinarité**. Les formateur·ice·s cherchent régulièrement à inviter les sciences, les techniques, les arts et l'architecture au sein de chacune des situations proposées.

Plus en avant, le traitement des données recueillies permet de montrer que ces finalités sont toujours associées à des intentions d'action qui peuvent être qualifiées de typiques parce que récurrentes dans les raisonnements pratiques des formateur·ice·s. Ces intentions d'action peuvent être assimilées en autant de traits de caractères de l'identité d'amàco (Fig. 5). Elles sont relatives à la « matière », aux « outils », à l'organisation de l'« espace et du temps », à l'« activité des formé·e·s » engagés dans les situations ou encore à l'« activité des pairs formateur·ice·s ».

3.2. UNE IDENTITÉ AMÀCO TOUJOURS SITUÉE ET INCARNÉE

Par-delà la formalisation de l'identité d'amàco en caractères (Finalités) et traits de caractères (Intentions d'action), l'analyse des données issues des entretiens d'autoconfrontation collectifs menés en équipe pédagogique a permis de mettre en évidence son caractère incarné, dans une pratique de formation singulière, et situé, dans un dispositif de formation thématique singulier.

Ce résultat a permis de compléter la carte mentale première et de faire émerger une arborescence singulière. Elle permet de représenter l'association des finalités avec les intentions d'action et leur exemplarisation dans des circonstances singulières :

- Niveau 1 : Finalités
- Niveau 2 : Intentions d'action
- Niveau 3 : Dans les circonstances…

Plus en avant, le travail mené avec l'équipe pédagogique a été de mettre en tension la ou les règles suivies par le formateur et la pratique enregistrée sous forme de photos ou vidéos (Fig. 6).

Figure 5. Deuxième niveau de la carte mentale, déclinée en intentions d'actions.
© amàco.

Figure 6. Extrait vidéo d'illustration : démonstration du test de la boule par le formateur.
© amàco.

Nous sommes donc parvenus à une formalisation articulant les trois niveaux de façon singulière (Fig. 7)

4. DISCUSSION : D'UNE IDENTITÉ OBJECTIVÉE A LA CONSTRUCTION D'UN PLAN DE FORMATION DE FORMATEUR·ICE·S.

Au cours de la Phase 1 du dispositif de recherche, l'équipe amàco s'est donc progressivement construit un référentiel « métier » partagé sous la forme d'une carte mentale, qui représente à la fois une carte dynamique et évolutive du métier de formateur à amàco, et un outil de formation de formateur·ice·s (grâce aux extraits de pratiques exemplaires ou contre-exemplaires).

Consubstanciellement, le travail collectif mené par l'équipe pédagogique autour de la création de cet outil a constitué et constitue encore une opportunité de formation continue pour les formateur·ice·s, qui ont été invités à signifier et analyser leur pratique professionnelle. Pour certain·e·s, cet engagement a abouti à une transformation de leur pratique. Ainsi, à l'occasion de la formation n° 4, une attention particulière a été portée à l'aspect scénographique des ateliers, aspect qui avait été discuté en amont en équipe pédagogique (Fig. 8).

Lors de la Phase 2 du dispositif de recherche, le travail de formalisation de l'identité d'amàco se poursuivra. En complément, ce travail d'analyse, et sa concrétisation dans la carte mentale sera exploité pour concevoir une ingénierie de formation originale permettant de partager à d'autres, futur·e·s formateur·ice·s, des éléments saillants.

Les premiers échanges du collectif sur le sujet ont rapidement révélé une tension entre :

- d'un côté, l'objectif de changement d'échelle, et donc de diffusion plus massive des pratiques qui impose un formatage capable de s'adapter à une diversité de lieux, situations, temporalités… ;
- de l'autre, les caractères de l'identité amàco, qui exigent du temps, un matériel spécifique, un espace approprié, un savoir-faire.

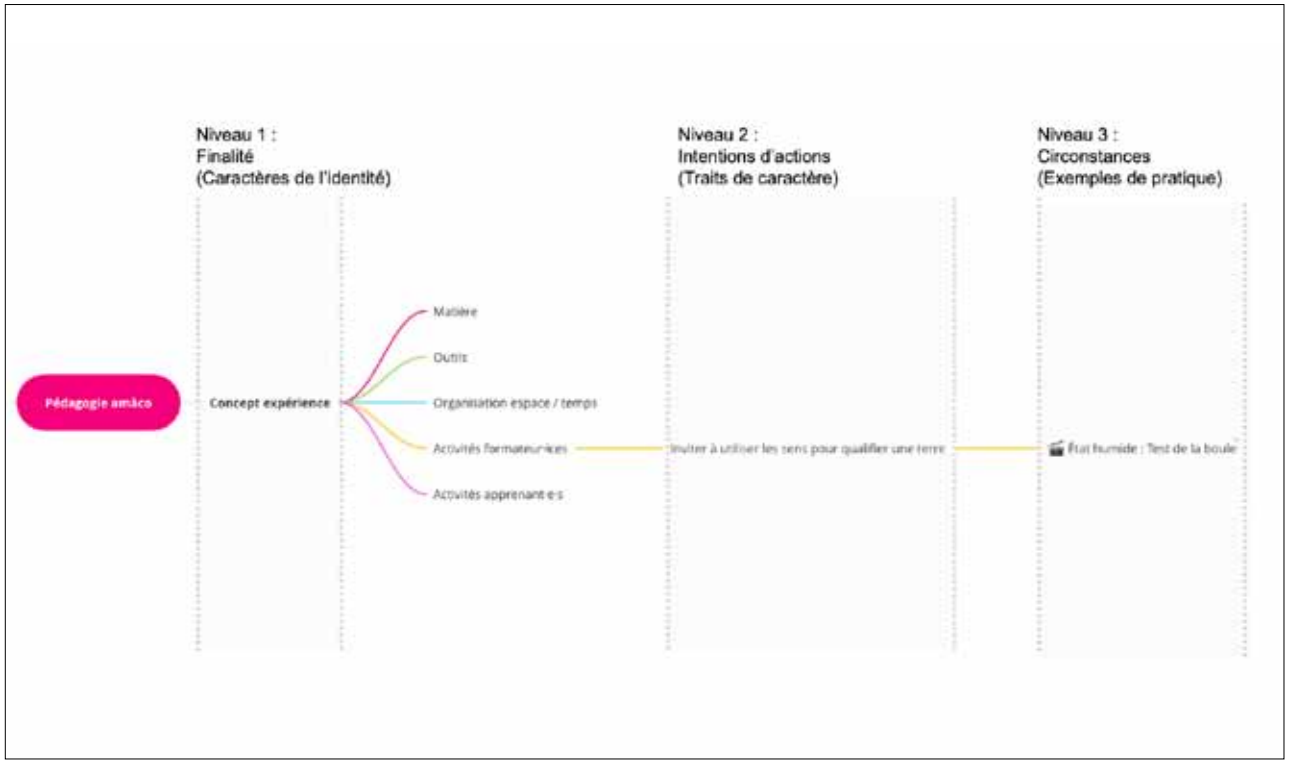


Figure 7. Troisième niveau de la carte mentale représentant l'identité amàco.
© amàco.

Cette tension laisse déjà entrevoir une difficulté par rapport aux choix des formes de formation, dont certaines, en fonction des lieux, des temporalités, du matériel et de l'espace disponible, ne permettront pas la transposition des formations telles qu'elles sont jouées dans le contexte habituel. Elle pose aussi la question du choix des éléments à transmettre, étant entendu que les formateur·ice·s ciblé·e·s disposent déjà de leur propre expérience, méthodes et manières d'enseigner. Il s'agit moins ici de créer des répliques de formateur·ice·s amàco, que de permettre à une diversité de profils de formateur·ice·s de s'approprier certaines dimensions de l'apprentissage expérientiel pratiqué par amàco, telles qu'identifiées à travers la phase 1.

CONCLUSION

A travers une première phase du dispositif de recherche ici présenté, les formateur·ice·s impliqués dans le collectif ont pu objectiver l'identité de formation amàco et ses caractères constitutifs : la magie, l'articulation entre concepts partagés et expériences vécues, la chorégraphie et la scénographie, et la pluridisciplinarité. Les traits de caractères qui y sont liés ont été développés et exemplifiés, et certaines pratiques de formation ont été ajustées au fil des actions pédagogiques menées dans la période. Cette première phase a abouti à la consolidation d'une vision partagée à un instant T de l'identité amàco en termes de pratiques de formation, et à la production d'un outil référentiel sous forme de carte mentale.

Elle a aussi permis d'introduire la deuxième phase du dispositif, qui consiste à concevoir un format de formation de formateur·ice·s, révélant une difficulté principale : faire cohabiter les traits de caractères de cette identité avec un objectif de diffusion large qui impose une standardisation de la formation de formateur·ice·s, et une adaptation à une diversité de situations et de profils.

Dans les prochaines étapes du projet, le collectif s'attachera donc à chercher comment dépasser cette difficulté. L'une des pistes de réflexion envisagée consiste en l'articulation entre des formats « standardisés » de formation de formateur·ice·s (sessions de formation de groupes), et des approches plus « sur mesure » traditionnellement utilisées par amàco (accompagnement individuel d'enseignant·e·s). L'optimisation de cette articulation nécessitera une étude précise des conditions dans lesquelles ces formes peuvent se déployer de manière optimale.

Figure 8. Mise en scène des ateliers pédagogiques sur le site de formation des Grands Atelier.
© amàco.

BIBLIOGRAPHIE

Bertone, S., & Chaliès, S. (2015). « Construire un programme de recherche technologique sur la formation des enseignants : Choix épistémologiques et théoriques ». *Activités, 12*(2).

Bisiaux, M., Tric, Z., Houben, H., Fontaine, L., Anger, R., Berthiaume, D., (2017). « Former à la matière pour se connecter à soi, à l'autre et au monde ». Actes du XIe *colloque QPES.*

Bouveresse, J. (2003). "Wittgenstein, le langage & la philosophie." In *Essais III*. Agone, p.61-98.

Chaliès, S., Bertone, S. (2021). "Faire de la recherche fondamentale de terrain ou la nécessité d'instituer une relation de consubstantialité entre visées scientifiques et technologiques." *Revue Française de Pédagogie, 210*, p.51-68.

Cru, D. (2014). *Le risque et la règle.* ERES. https://doi.org/10.3917/eres.cru.2014.01

Dewey J. (1938). *Expérience and Education*. New York MacMillan.

Kolb, D. A. (1984). Experiential Learning - Experience as the source of learning and development. Englewoods Cliffs (NJ): Prentice-Hall.

Lara, P. de. (2005). *L'expérience du langage : Wittgenstein philosophe de la subjectivité.* Ellipses.

Le Du, M. (2004). *La nature sociale de l'esprit : Wittgenstein, la psychologie et les sciences humaines*. Paris, France : Vrin.

Livet, P. (1993). « Théorie de l'action et convention. » In P. Ladrière, P. Pharo, & L. Quéré, *La théorie de l'action : Le sujet pratique en débat*. CNRS, p.291-319.

Livet, P. (2005). *Qu'est-ce qu'une action ?* Paris, France : Vrin.

Ricœur, P. (1986). *Du texte à l'action*. Seuil.

Von Wright, G.H. (1998). *Théorie de l'action*. Liège : Mardaga.

Winch, P. (2003). « Comprendre les sociétés primitives. Une approche wittgensteinienne ». In D. Cefaï, *L'enquête de terrain,* Éd. La Découverte MAUSS, p.234-262.

Wittgenstein, L. (1992). *Leçons et conversations.* Gallimard.

Wittgenstein, L. (2004). *Recherches philosophiques.* Gallimard.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Sébastien CHALIÈS est Professeur à l'Université de Montpellier, rattaché au Laboratoire interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation. Son travail scientifique porte sur la construction du sujet au travail et/ou en formation. Plus largement, il participe à ce que pourrait être une anthropologie de la vie professionnelle, vie professionnelle prise dans des métiers en mutation compte tenu d'enjeux sociétaux majeurs (écologiques, sociaux et solidaires).

Adélie COLLETTA est ingénieure pédagogique à amàco. Elle travaille à la mise en place de parcours de formation pour l'enseignement supérieur, la formation continue et le grand public.

Laetitia FONTAINE est chercheure à CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA et directrice de l'atelier matières à construire (amàco). Elle poursuit des recherches encourageant l'utilisation des matériaux bio-géo-sourcés dans la construction et la réhabilitation du bâti, ainsi que le développement de contenus pédagogiques et de parcours de formation liés à cette thématique.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre de France 2030 portant la référence « ANR-22-CMAS-0017 »

TOCA TIERRA # 6 : RÉCIT D'UNE EXPÉRIENCE COMBINANT LA SENSORIMOTRICITÉ AVEC UNE APPROCHE TRANSDISCIPLINAIRE POUR L'APPRENTISSAGE DES MATÉRIAUX BIO-GÉO-SOURCÉS.

Juan TRABANINO, enseignant contractuel, chercheur associé LRA-ENSA Toulouse, architecte DPLG et DSA-terre (juan.trabanino-garcia@toulouse.archi.fr)
Nathalie TORNAY, maître de conférences HDR, co-directrice du LRA-ENSA Toulouse, architecte DPLG, Docteur en génie civil (nathalie.tornay@toulouse.archi.fr)
Sébastien CHALIÈS, Professeur des Universités – Faculté d'Éducation Université de Montpellier - LIRDEF (sebastien.chalies@umontpellier.fr)
Salma GHEZAL, Responsable des études et coordinatrice de la recherche, École Supérieure d'Art d'Avignon (salma.ghezal@esaavignon.fr)

RÉSUMÉ

Toca Tierra est un enseignement sous forme d'intensif à la rentrée universitaire des étudiants en première année de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse depuis 2018. Les activités pédagogiques s'articulent autour de quatre axes : des ateliers pratiques, un cycle de conférences, des visites et une exposition. Toca Tierra vise à valoriser des matériaux comme la terre crue, la pierre sèche, les fibres végétales, autant de matériaux biosourcés afin d'encourager une architecture de transition écologique. Toca Tierra c'est apprendre autrement, c'est-à-dire par le faire, par la rencontre, par la découverte. Cette approche pédagogique transcende les frontières traditionnelles de l'enseignement et favorise par là même une compréhension holistique en mettant l'accent sur l'expérience directe, les interactions interpersonnelles significatives et l'exploration autonome ; créant ainsi un environnement d'apprentissage dynamique et enrichissant.

L'objectif est d'inciter les étudiants à être attentifs à leur environnement, à prendre en considération les divers acteurs dans le développement du territoire et à s'intéresser aux pratiques de la culture constructive locale. Ainsi, cet article se concentre sur le retour d'expérience de l'édition 2023 qui avait comme objectif la création d'une articulation entre les champs disciplinaires des enseignements dispensés au sein des ENSAs, pour favoriser un apprentissage fondé sur la sensorimotricité. Comment la combinaison des activités proposées porte-t-elle la sensibilisation à l'architecture écologique et à l'analyse critique du choix des matériaux dans la construction pour des étudiants qui entrent dans une école d'architecture ?

En parallèle, l'approche pédagogique novatrice de Toca Tierra est portée par un concept alternatif, qui a conduit l'équipe à rechercher une expertise approfondie des choix pédagogiques effectués. Dans cette démarche, l'équipe a sollicité la collaboration du Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation de l'Université de Montpellier. Cette collaboration représente une démarche stratégique visant à questionner la qualité des méthodes éducatives adoptées par Toca Tierra. Ce retour d'expérience éclaire sur les ajustements nécessaires dans les stratégies pédagogiques futures en vue d'adopter une méthodologie d'enseignement qui intégrerait les défis sociétaux liés aux différentes transitions.

INTRODUCTION

« Toca Tierra » signifie littéralement en espagnol « Touche Terre ». Ce titre a été choisi en référence à l'aspect multiculturel de la terre, de l'équipe (artisans et/ou architectes et/ou doctorants et/ou chercheurs et/ou etc.) de la planète, mais surtout pour affirmer notre conception pédagogique : la main qui touche la matière, socle de la pédagogie proposée (Fig. 1). L'enseignement de l'architecture est constamment en évolution, cherchant des méthodes pour mieux préparer les

étudiants à répondre aux défis contemporains, notamment ceux liés à l'environnement. Dans ce contexte, l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse a initié un événement pédagogique nommé « Toca Tierra » qui s'inscrit dans les pratiques pédagogiques architecturales qualifiées d'enseignements « par le faire ». Cette pédagogie consiste en un apprentissage par l'expérience, impliquant un engagement actif et des interactions multisensorielles, enrichies par une attention particulière et des émotions variées. Cet apprentissage nécessite une immersion corporelle profonde et une attention, marquée par l'ouverture et le lâcher-prise (LEFEBVRE et al., 2021 ; PALLASMAA, 2010). Ces pratiques portent une ambition partagée, celle d'être mieux ancrées dans les réalités et les enjeux de l'époque actuelle. Elles se concentrent sur des valeurs plus intemporelles, comme celles de la matière, de la lumière, du corps, de la communauté, d'une économie dans l'emploi, de ressources locales ou encore d'une éthique constructive qui cherche de nouveaux contacts avec la nature et ses éléments (BONNAUD, 2012).

Toca Tierra se déroule sur une semaine intensive, programmée au début de l'année universitaire pour les étudiants de première année. À travers une série d'ateliers pratiques, de conférences, de visites guidées et d'expositions, cet enseignement encourage les étudiants à explorer et à expérimenter des formes constructives directement avec des matériaux géo et biosourcés tels que la terre crue, la pierre sèche et les fibres végétales. Cette initiative cherche non seulement à sensibiliser les futurs architectes aux matériaux géo biosourcés, mais aussi à leur faire comprendre l'impact de ces matériaux sur l'environnement et la société.

Cet article expose l'expérience de l'édition 2023, en débutant par une analyse de l'intégration des quatre principes essentiels de Toca Tierra (Exposer, Parler, Visiter et Faire). Par la suite, il examine l'évolution contextuelle de cette approche pédagogique, avant de témoigner de cette session à travers les perspectives de la transdisciplinarité et de la sensorimotricité.

Figure 1. Logo Toca Tierra.
© Toca Tierra.

1. LES QUATRE PILIERS DE TOCA TIERRA

La structure de cet enseignement se base sur l'expérience du premier événement en 2018 qui a instauré quatre piliers[1] : Exposer (une exposition), Parler (des conférences), Visiter (des visites) et Faire (des ateliers pratiques). Dans la continuité des années précédentes, cette section explique l'application spécifique de chacun des quatre piliers au cours de l'édition 2023.

1.1. EXPOSER

Voir, faire connaître, faire rêver, voyager, explorer, inspirer, stimuler, apprendre…

Chaque année, l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse propose au sein de l'école ou hors les murs une exposition thématique d'une durée d'un mois en lien avec le sujet de l'année pour attiser la curiosité des étudiants, mais aussi pour éveiller l'intérêt du public en général. Cette édition, l'exposition « Architecture Frugale, Réhabilitations inspirantes en Occitanie » a été mise à l'honneur dans les locaux du Conseil d'Architecture d'Urbanisme et de l'Environnement de Toulouse. Les visites ont été organisées en groupes avec plusieurs enseignants volontaires et se sont terminées par une table ronde afin d'en discuter et d'échanger en petits groupes.

1.2. PARLER

Donner la parole, rencontrer, raconter, écouter, échanger, questionner, informer, transmettre, découvrir, inspirer, motiver, apprendre…

Au lieu de donner la parole à une seule personne, souvent de renommée internationale, nous avons décidé d'inviter plusieurs acteurs locaux et d'offrir aux étudiants un éventail d'exemples en lien avec la thématique de l'année. Pour cette édition, l'invitée était la Société Coopérative de Production Chanvre Occitan, représentée par Julien Bonnet qui a parlé autour du « chanvre pour la transition écologique du bâtiment ». Deux autres conférences ont eu lieu : l'une à propos des « Cultures Constructives Locales en terre crue » et l'autre, sur « L'histoire et les usages de la fibre dans l'artisanat de la vannerie » par l'association de L'Oseraie du Possible. Ces interventions ont été suivies d'un court métrage d'animation entièrement dessiné à la main intitulé « Un brin d'espoir »[2] pour découvrir la vannerie depuis son origine.

1. Voir la thèse de Clémentine Laborderie : « Faire une place aux savoir-faire artisanaux dans l'enseignement de l'architecture pour aller vers des pratiques constructives plus écologiques, enjeux techniques et mésologiques » soutenue en septembre 2023.
2. Animation traditionnelle au crayon et aquarelle sur papier, 13 minutes 48, réalisée par Célia Brisot, 2022.

1.3. VISITER

Le but des visites est de provoquer des expériences sensorielles plurielles : voir, toucher, sentir, explorer l'espace et sentir la matière, la matérialité. Elles permettent de voyager dans le temps et l'histoire locale, d'apprendre en visitant le patrimoine local, l'architecture vernaculaire et/ou contemporaine, rurale et/ou urbaine.

La promotion des étudiants de première année, constituée par cent vingt étudiants, a été divisée en six groupes, avec des parcours et des enseignants différents. L'expérience directe d'explorer un bâtiment existant a permis aux étudiants de comprendre de manière concrète et tangible des principes théoriques constructifs et historiques. Les visites révèlent aussi le potentiel esthétique des matériaux géo et biosourcés. Cette fois-ci, elles se sont déroulées avec les enseignants d'histoire : visiter une construction permet en même temps aux étudiants de comprendre et d'être sensibilisés au milieu environnemental, social, économique et historique dans lequel le sujet étudié s'inscrit.

Les visites se sont déroulées dans le centre-ville de Toulouse :

- Visite I : Maisons à pan de bois - Moyen Âge jusqu'au XIXe siècle,
- Visite II : Moyen Âge - Renaissance : hôtels particuliers en brique et pierre : Assézat, cour Henri IV,
- Visite III : Immeubles en briques du XIXe siècle : Urbain Vitry et Auguste Virebent, architecte-briquetier,
- Visite IV : Les immeubles des percées dites haussmanniennes en briques jaunes ainsi que la halle aux grains et la prison Saint-Michel en briques et galets,
- Visite V : Les équipements sanitaires et culturels en brique et béton des années 1930 : Jean Montariol - piscine Nakache et bibliothèque du Périgord,
- Visite VI : Immeubles, écoles et le monument à la Résistance : le béton brut des années 1950-1960.

Ces visites permettent aux étudiants d'apprendre à voir leur ville sous un nouveau prisme, celui de la matérialité, et de comprendre comment les constructions s'inscrivent dans leur contexte environnemental, social, économique et historique. Ces excursions offrent par ailleurs des perspectives sur l'évolution de l'architecture locale et ses réponses aux défis urbains à travers les âges.

1.4. FAIRE

La main, le toucher, le vécu, vivre l'action, le geste, l'artisanat, l'erreur, s'interroger, analyser, interpréter, commenter, projeter, apprendre (Fig. 2).

Figure 2. Faire avec de l'osier : les mains qui apprennent en tissant, atelier biosourcés, TT # 6.
© NicNav.

« *La beauté de ces matières déclenche l'envie de les toucher. Elle nous invite par l'exploration de la main à une véritable expérience sensorielle de perception haptique où notre corps tout entier interagit et découvre son environnement. Il ne tient qu'à nous de les (re) découvrir et de laisser résonner dans notre corps leur beauté qui nous reconnecte à nos racines et à la terre que nous habitons.* » (amàco, 2012)

« *Les ateliers pratiques sont au cœur de la pédagogie Toca Tierra. En mettant les étudiants en situation pratique nous souhaitons leur permettre de développer des connaissances opérationnelles qu'ils pourront, dans la suite de leur cursus, mettre en lien avec des connaissances théoriques. En essayant de reproduire les gestes des artisans, ou de comprendre les caractéristiques de la matière, c'est avec leurs corps qu'ils apprennent à réfléchir. Souvent oublié dans la pédagogie, le corps est pourtant un outil de connaissance à part entière.* » (LABORDERIE, 2021)

Le premier atelier pratique proposé pour engager les étudiants dans le faire est celui d'amàco. Les étudiants y découvrent et comprennent la matière, notamment par les manipulations scientifiques des mallettes pédagogiques « Fibres et Grains ». Nous avons accueilli l'ensemble de la promotion en amphithéâtre autour des tables où étaient présentées les manipulations dirigées par cinq intervenants. Selon les manipulations, les étudiants ont été amenés à participer avec l'intervenant ou à les réaliser tous en même temps[3]. D'autres enseignantes étaient présentes en tant qu'observatrices pour participer prochainement et pour mettre en place une transversalité pédagogique avec leurs enseignements respectifs[4]. Ainsi, comprendre ce qu'est la matière à travers ces ateliers ludiques, interactifs et remplis d'émerveillement ont plus d'impact qu'un cours théorique sur un tableau et dans une petite salle.

L'atelier suivant dit de « mise en œuvre des géosourcés » (la terre crue) a abordé dès le départ le travail concret de la matière : construire avec les mains. Il a débuté par les essais de terrain[5] et encore une fois les sens des étudiants étaient mis à l'honneur collectivement à travers les analyses préliminaires telles que l'examen visuel, l'essai de l'odeur, celui du toucher, de l'ouïe, de la morsure et du lavage des mains. Après avoir goûté l'argile et découvert ses bienfaits, les étudiants, en bi ou trinômes, sont passés à la fabrication d'adobes et du torchis, techniques vernaculaires locales. (Fig. 3)

Figure 3. Faire avec de la terre et des fibres : les mains qui pétrissent la matière pour la transformer en matériau, atelier géosourcés, TT # 6.
© NicNav.

L'atelier de « mise en œuvre des biosourcés » (l'osier) a utilisé des tiges jeunes et souples de saule, suscitant ainsi l'occasion de faire connaissance avec la vannerie. Les étudiants ont tissé des éléments convexes (des ombrelles par exemple), dans un premier temps en petit groupe puis collectivement. La technique utilisée était celle du tissage aléatoire : l'osier était mis en tension en créant des courbes et contre-courbes, tissées l'une devant, l'autre derrière, à plat et sur l'herbe. Au final, c'était une surface variant de quatre à six mètres carrés qui a été placée sur des fers minces ancrés dans le sol formant des arcs de support. Ce tressage d'osier a été positionné dessus selon une conception participative, puis attaché aux fers avec des nœuds spécifiques. En tout, six ombrelles ont été réalisées pendant la semaine.

Un dernier atelier intitulé « atelier de sculpture » devait mettre en avant les potentialités de la matière sans une conception préétablie. À partir du contact avec la matière, les étudiants, guidés par leur seule intuition devaient se laisser aller sans a

3. Comme par exemple les manips fibres d'amàco suivantes : le sens des fibres, les forces de frottement, défaire une corde de chanvre, le retrait d'une bande de bois, les ondulations et les enroulements du papier mouillé, l'origami, le château étonnant.

4. Sandra Marques, Tathiane Martins et Lucie Addé, enseignantes de Représentation Géométrique, S 132, Unité d'Enseignement Sciences et Techniques pour l'Architecture.

5. Voir les analyses préliminaires page 56, Traité de construction en terre crue.

priori, laisser faire la matière sans savoir où elle mène selon la logique des travaux de Tim Ingold : « faire consiste alors en un processus de mise en correspondance : non pas imposer une forme préconçue à une substance matérielle brute, mais (…) délivrer les potentialités immanentes d'un monde en devenir » (INGOLD, 2029).

Dans ce contexte de l'apprentissage par la pratique, un changement significatif dans l'approche pédagogique devient alors possible. En engageant les étudiants dans des activités concrètes, telles que les manipulations matérielles, la sensibilisation à la construction et les visites de sites architecturaux, l'enseignement peut transcender les limites traditionnelles des salles de classe pour adopter une échelle plus vaste.

Ce passage d'un apprentissage théorique à un apprentissage basé sur l'expérience directe permet aux étudiants de comprendre non seulement les concepts, mais aussi leur application dans le monde réel.

2. ÉVOLUTION CONTEXTUELLE DE L'APPROCHE PÉDAGOGIQUE

2.1. OBJECTIFS

2.1.1. Développer l'esprit critique

L'introduction d'une vision globale pendant la semaine Toca Tierra au début des études en architecture offre aux étudiants une expérience immersive. Durant cette semaine, les étudiants sont exposés simultanément à divers aspects de l'architecture, fusionnant théorie et pratique, histoire et innovation, ainsi que technologie et créativité. Cette approche globale permet non seulement d'établir une base solide de connaissances multidisciplinaire, mais aussi de stimuler la curiosité et l'engagement des étudiants dès les premiers jours de leur formation.

Au cours du semestre qui suit, cette compréhension holistique est décomposée en champs disciplinaires plus spécifiques et détaillés. Cette transition d'une vision générale à une exploration plus fragmentée permet aux étudiants de se concentrer sur chaque thématique avec une perspective informée et intégrée. Ils peuvent ainsi approfondir chaque sujet tout en comprenant comment il s'inscrit dans un cadre plus large. Chaque élément d'étude devient une pièce d'un puzzle complexe, où les connaissances acquises dans un domaine enrichissent la compréhension des autres.
Cette méthode pédagogique a pour ambition de faciliter une intégration des connaissances transdisciplinaires en permettant aux étudiants de voir dès le début les interconnexions entre les sujets. Elle cherche aussi à maintenir leur motivation et leur engagement du fait d'une meilleure compréhension de chaque unité d'enseignement dans le cadre de leur cursus universitaire. Enfin, cette stratégie souhaite cultiver des esprits critiques, capables de traverser les frontières traditionnelles entre les disciplines pour innover et résoudre des problèmes de manière systématique.

En somme, commencer le premier semestre par ce type de démarche pédagogique dépasse le simple fait d'introduire les enseignements qui suivront. C'est une fondation sur laquelle les étudiants construisent une approche du caractère complexe, situé et humain de l'architecture.

2.1.2. Transmettre un état d'esprit

La philosophie pédagogique de Toca Tierra, bien que centrée sur l'apprentissage pratique, s'avère être bien plus qu'une simple introduction aux principes de l'architecture environnementale ; elle est l'enseignement d'un comportement dès la première année d'études. Au cœur de Toca Tierra réside une attitude intérieure qui valorise non seulement les matériaux et les techniques, mais aussi les interactions humaines, les échanges de connaissances et le partage d'expériences.

Cette pensée est incarnée par une série d'ateliers qui ne se limitent pas à transmettre des compétences techniques, mais qui favorisent également la rencontre entre les étudiants, les enseignants, les artisans, et parfois même la communauté élargie. Toca Tierra crée un espace où les barrières entre les novices et les experts s'estompent, permettant à tous les participants de s'engager dans un dialogue ouvert et constructif. L'importance accordée à l'échange de savoirs et à l'interaction directe enrichit l'expérience pédagogique, en faisant de l'apprentissage un processus collaboratif et inclusif.
En intégrant cet enseignement oral et tacite, Toca Tierra permet aux étudiants d'initier un accès à une connaissance pratique des artisans. Les étudiants apprennent non seulement à « faire » dans le sens technique, mais aussi à « ressentir » la matière et à comprendre intuitivement les propriétés et les potentialités des matériaux utilisés, les étudiants ne sont donc pas de simples récepteurs de connaissances, mais des participants actifs dans un processus d'apprentissage partagé.
Le programme Toca Tierra participe ainsi à un environnement d'apprentissage où la dimension immatérielle (RAVEDIN, 2018) est aussi importante que l'acquisition de compétences tangibles. En mettant l'accent sur des valeurs, des attitudes et des perceptions, sur l'humain et la rencontre, le programme forge un esprit de corps qui prépare les futurs architectes à être non seulement des techniciens compétents, mais aussi des membres actifs et conscients de leur communauté, capables de mener des projets qui respectent à la fois l'environnement et les besoins humains.

2.2 UNE PÉDAGOGIE ENTRE PERMANENCES ET ÉVOLUTIONS

Le choix du défi de la transdisciplinarité s'insère dans la logique constante de recherche d'évolution et de questionnements qui guide la construction du programme.

2.2.1. Une attitude empirique

Chaque session du programme Toca Tierra témoigne d'une dynamique pédagogique qui se renouvelle sans cesse à travers l'introduction de nouvelles démarches, tests et expérimentations. Cette attitude empirique guide l'évolution du programme, en réponse directe aux retours des participants, aux observations des intervenants, et aux évolutions des pratiques pédagogiques et architecturales. La flexibilité et l'adaptabilité sont au cœur de cette stratégie, permettant une optimisation continue du processus pédagogique. Année après année, le choix des intervenants est discuté pour intégrer de nouveaux défis pour permettre de présenter aux étudiants une diversité de voix et d'expertises, enrichissant ainsi leur compréhension de l'architecture écologique. La sélection des intervenants est stratégiquement alignée avec l'actualité dans le domaine, assurant ainsi un contenu pédagogique flexible et évolutif.

La formation des groupes d'étudiants est également sujette à expérimentation. Différentes configurations sont testées pour promouvoir une interaction et un apprentissage optimal. L'objectif est de découvrir comment différentes dynamiques de groupe influencent l'apprentissage collaboratif et individuel. Par exemple, des groupes interdisciplinaires peuvent être formés pour encourager les étudiants à aborder les problématiques de conception sous différents angles, facilitant ainsi une approche plus holistique.

Des ajustements constants afin d'optimiser l'engagement des étudiants et la cristallisation des connaissances sont pensés et mis en place, comme le rythme et l'espacement des ateliers, l'alternance entre apports théoriques et pratiques sur des projets concrets

2.2.2. Une attitude scientifique

En 2022, le programme Toca Tierra a enrichi sa dimension pédagogique en devenant l'objet d'une expérimentation scientifique menée dans le cadre d'un mémoire de master en sciences de la formation. Par une approche transformative et qualitative, une étude menée par les chercheurs Salma Ghezal et Sébastien Chaliès[6], a exploré les dynamiques de la migration de l'expérience (CLOT, 2004) entre les différents ateliers de Toca Tierra # 5. Cette étude questionne comment un engagement préalable des étudiants dans des activités de découverte de matières et de matériaux, de construction et de sculpture, peut enrichir significativement leur processus de conception architecturale ultérieure. Dans un premier temps, les résultats ont mis en avant que les expériences et les situations vécues par les étudiants, pendant la semaine du dispositif, ont favorisé l'acquisition de compétences transversales inhérentes à l'apprentissage de la conception architecturale comme la gestion de contraintes, et la compréhension de la dimension collective du travail de conception. L'enseignement reçu à Toca Tierra rend plus concrètes, pour les étudiants, des notions considérées comme abstraites, comme celles de la force, de la résistance d'un matériau, de l'équilibre ou du rapport entre forme, force et matière. En effet, à travers les manipulations, les étudiants ont été confrontés à une contrainte concrète de la matérialité de l'architecture (Fig. 4).

Figure 4. Faire avec le torchis, la matérialité de l'architecture, TT # 6.
© NicNav.

6. Salma Ghezal est responsable des études et coordinatrice de la recherche, École Supérieure d'Art d'Avignon et Sebastien Chaliès est Professeur des Universités, membre du laboratoire LIRDEF, Université de Montpellier. Les résultats de leur recherche à fait l'objet de la communication « *Faire dispositif pour étayer le cours d'expérience des étudiants en architecture* », Colloque ENSA ÉCO, 2022, Toulouse

3. PERSPECTIVES DE LA TRANSDISCIPLINARITÉ ET DE LA SENSORIMOTRICITÉ

3.1 ENRICHIR L'APPRENTISSAGE PAR LA TRANSDISCIPLINARITÉ

En 2023, nous avons renforcé les synergies entre divers champs disciplinaires, notamment les sciences techniques, l'histoire de l'art, les sciences sociales et humaines, l'art et techniques de représentation. Cette section expose les méthodes par lesquelles nous avons abordé ce défi, en décrivant des choix pédagogiques spécifiques et des collaborations enrichissantes. (Fig. 5)

3.1.1. Coordonner les champs disciplinaires

L'ambition poursuivie par l'équipe pédagogique est celle d'aborder la pédagogie en architecture de manière holistique afin que les étudiants comprennent la complexité du monde actuel dans lequel ils évoluent. Au fil des années, les divers enseignements se sont entrelacés pour offrir en 2023 une perspective exhaustive des champs disciplinaires.

D'abord, l'enseignement des Sciences et Techniques pour l'Architecture est en lien avec le cours « Construction et Durabilité ». Les manips proposées par amàco et les ateliers

Figure 5. La transversalité de Toca Tierra # 6.
© Toca Tierra.

Figure 6. La transversalité de Toca Tierra # 6.
© NicNav.

pratiques résonnent avec les cours du premier semestre qui ont pour objectif la découverte des matières et des matériaux au regard des systèmes de construction et du développement durable. Des notions de construction massive et de construction filigrane, d'appareillage, d'efforts de poussée latérale, d'arcs, de stabilité, parmi d'autres sont ainsi abordés tout au long de l'année.

De plus, « l'atelier bibliothèque », qui est le seul à trouver place au sein de l'établissement, initie les étudiants à la recherche dans le Centre de Ressources. Dans cet atelier, dédié à l'éveil de l'esprit d'exploration et au travail en groupe, les étudiants se concentrent spécifiquement sur des recherches bibliographiques concernant les matériaux de construction, approfondissant ainsi leur compréhension des fondements matériels de l'architecture.

En outre, l'enseignement d'Histoire et Cultures Architecturales est présent à travers les visites qui permettent aux enseignants d'aborder de manière chronologique le déroulement des semestres de la Licence : des origines au Moyen-Âge, en passant par la Renaissance, jusqu'au XX° siècle.

Ensuite, l'enseignement des Arts et Techniques de la Représentation « propose un temps d'expérimentation avec l'argile menant à la conception d'une petite sculpture abstraite » en mettant en jeu deux notions : le processus et le geste. « Après une brève introduction sur l'utilisation de la terre par les artistes, la première phase du travail consiste en une prise en main du matériau : l'argile brute, grossièrement humidifiée. Cette prise en main se réalise concrètement, car il faut puiser dans le bac la quantité de matière suffisante et la travailler pour obtenir un bloc de la taille d'un ballon. Malaxer, presser, frapper jusqu'à ce que la matière devienne homogène, de bonne consistance, ni trop sèche ni trop humide, ce sont là de premiers gestes à mettre en œuvre, un premier pas à la rencontre du matériau. » (NAVA, 2022) (Fig.6)

Enfin, l'enseignement des Sciences de l'Homme et de la Société pour l'Architecture porte l'atelier appelé « dialogues anthropologiques » « dont l'objectif est de sensibiliser les étudiants à la question environnementale liée à la transition énergétique, climatique, écologique et politique. (…) Le support commun à chaque groupe a été le premier chapitre du livre rédigé par Alessandro Pignocchi et Philippe Descola : Ethnographies des mondes à venir, Ed. Seuil, 2022. (…) L'idée principale était de faire cours hors de l'école, et de modifier les conditions d'apprentissage de manière à créer un environnement propice aux échanges. (…) Le débat portait ensuite sur le rôle et la responsabilité de l'architecte, dans sa formation et son métier. » (JOUENNE, 2023). La question centrale est ici celle de savoir sous quelle-s forme-s l'architecte professionnel agit (action politique, citoyenne) dans un contexte de crise écologique.

Par conséquent, la réunion de toutes ces disciplines illustre notre démarche de multidisciplinarité.

En effet, tout au long de cette semaine, les étudiants découvrent la matière en grain et en fibres à travers des manipulations scientifiques et expérimentent la mise en œuvre de techniques constructives avec des artisans (Sciences et Techniques pour l'Architecture), ils apprennent à faire une recherche en bibliothèque, lors des visites ils acquièrent un repère existant pour alimenter leur culture architecturale (Histoire et Cultures Architecturales), ils sculptent un objet imprévu à partir de la matière (Arts et Techniques de la Représentation) et ils s'interrogent sur la place de l'architecte dans notre société aujourd'hui (Sciences de l'Homme et de la Société pour l'Architecture).

3.1.2. Coordonner l'artisanat, les partenariats et les ouvertures

Toca Tierra enrichit son approche multidisciplinaire en intégrant non seulement divers champs disciplinaires des ENSA, mais également en s'appuyant sur les domaines de l'artisanat, en établissant des partenariats stratégiques, et en s'ouvrant à des collaborations extérieures. (Fig. 7) Cette stratégie vise à dépasser les limites traditionnelles de l'enseignement académique, en mêlant la théorie à des applications pratiques concrètes et en favorisant des échanges avec des artisans. Ces interactions permettent aux étudiants d'acquérir une compréhension concrète des matériaux et des processus de construction, tout en les connectant directement aux réalités du terrain (EHRLICH, 2021).

La main de l'artisan symbolise le geste et le geste détient le savoir-faire. Les ateliers pratiques sont le moment où la rencontre artisans / étudiants s'articule. L'apprentissage de l'écologie et de la construction se lient en présence des artisans et de leur culture constructive. Le geste de l'artisan est au cœur de l'apprentissage pratique en architecture, car il représente non seulement une compétence technique, mais incarne également un savoir-faire transmis à travers les générations. Ce savoir-faire permet de comprendre les matériaux géo-biosourcés et leurs applications. L'artisan, avec ses gestes précis et expérimentés, démontre comment la qualité du bâti peut être influencée par la maîtrise des techniques traditionnelles et modernes. Lorsque les étudiants observent et imitent ces gestes, ils absorbent des connaissances tacites qui ne sont traditionnellement pas transmises dans les enseignements classiques. Ces acteurs, comme L'Oseraie du Possible, le CAUE 31, ou encore l'Écocentre Pierre et Terre, forment un réseau qui conduit à la création de partenariats. Cette interaction permet non seulement l'apprentissage des techniques de construction, mais aussi une compréhension des implications écologiques de ces méthodes. Les artisans apportent une dimension culturelle à la construction, enracinée dans l'histoire locale et les pratiques durables, enrichissant ainsi l'enseignement architectural par une perspective plus vaste des enjeux environnementaux.

Figure 7. Faire une ombrelle avec les artisans vanniers, TT # 6.
© NicNav.

Figure 8. Faire dans un environnement d'apprentissage sain, TT # 6.
© NicNav.

Par ailleurs, Toca Tierra s'ouvre à un public plus large. Cette année nous avons accueilli dix-huit étudiants post-baccalauréat du Diplôme National des Métiers d'Arts et du Design, option design d'espace, du Lycée Saliège de Balma et deux personnes extérieures : un maçon à la retraite et un jeune maçon curieux du torchis. Cette diversité enrichit le processus d'apprentissage, car elle permet l'échange de perspectives multiples et la fusion des connaissances de différentes tranches d'âge et expériences professionnelles. Cela contribue à un environnement d'apprentissage plus inclusif et dynamique, dans lequel les idées peuvent être librement échangées et où les innovations peuvent naître de la combinaison de différentes expériences.

3.2. ENRICHIR L'APPRENTISSAGE PAR LA SENSORI-MOTRICITÉ

Comme nous l'avons souligné précédemment, au-delà de la simple acquisition de connaissances, cette approche engage le corps entier dans le processus d'apprentissage. À travers des ateliers, des discussions et des expérimentations, les étudiants apprennent non seulement à « faire » en termes techniques, mais aussi à « ressentir » et à « expérimenter » avec les matériaux. Cette section détaillera comment l'intégration de la sensorimotricité enrichit l'expérience pédagogique transdisciplinaire (LEBOIS, 2016) et veut renforcer l'engagement des étudiants pour une architecture durable et consciente.

3.2.1. Expliciter la pédagogie

« Toca Tierra se déploie comme une semaine intensive où vous serez plongés au cœur de l'action, expérimentant une pédagogie axée sur le faire, guidée par la sensorimotricité. Vous apprendrez par l'action, utilisant vos sens et vos gestes pour explorer et comprendre. Vous manipulerez, vous vous tromperez, vous rencontrerez les matériaux de près. Vous tenterez de les comprendre, tant physiquement que chimiquement, à travers une série de manipulations ludiques et éducatives. Vous les transformerez en matériaux de construction, et vous vous initierez à leur mise en œuvre pour commencer à cerner ce que cela représente, dans toutes ses dimensions : physique, sociale, environnementale, historique, technique, artistique et conceptuelle. Ces activités visent à éveiller des pistes de réflexion et de création, tout en vous sensibilisant aux implications du choix d'une matière, qu'elle soit géo ou biosourcée, dans le processus de création architecturale. À travers une série d'ateliers, vous allez apprendre différemment, par une expérience qui sollicite à la fois les sens, les gestes et la théorie. Nous vous proposons ainsi une palette d'ateliers variés pour découvrir la matière sous toutes ses formes : des initiations pratiques, un atelier d'arts plastiques, des explorations historiques via des visites, des incursions dans l'anthropologie, ainsi qu'une initiation à la recherche bibliographique. Vous aborderez divers concepts et notions qui seront ensuite approfondis au cours du semestre et de vos études, enrichissant ainsi votre parcours académique et professionnel. » (TRABANINO, 2023)

L'exposition des objectifs et des diverses activités du programme dessine les contours de ce qui attend les étudiants. Cette cartographie des attentes leur permet de s'engager avec compréhension dans les activités proposées lors de la semaine Toca Tierra.

La révélation des multiples facettes du programme et la transparence de cette introduction ont pour finalité de susciter de l'intérêt, mais aussi de renforcer la confiance entre étudiants et enseignants. Comprendre le « pourquoi » derrière chaque méthode et chaque choix pédagogique établit un climat de confiance et de respect mutuel, essentiel pour un environnement d'apprentissage sain. (Fig. 8)

Expliquer comment les diverses disciplines se tissent ensemble pour former un ensemble cohérent, même complexe, a pour but d'aider les étudiants à adopter une pensée holistique et multidisciplinaire. La préparation à l'apprentissage actif est également un élément important de cette introduction. Les étudiants sont invités à manipuler la terre, les fibres végétales, la connaissance, à faire des erreurs, à les comprendre et à en tirer des leçons. Cet apprentissage par l'action incite non seulement des compétences pratiques, mais aussi une réflexion critique.

3.2.2. Une pédagogie par le faire par la sensorimotricité et un facilitateur de migration

Les pratiques pédagogiques par le faire partagent une vision commune, celle d'apprendre en faisant l'expérience d'une réalité, alimentée simultanément par l'engagement d'un corps en mouvement, des interactions plurisensorielles avec l'environnement, un engagement cognitif singulier et des ressentis émotionnels variés (LEFEBVRE et al., 2021 ; PALLASMAA, 2010). Elles appellent souvent à un engagement corporel pleinement vécu (par exemple du point de vue du poids, de l'effort, de la respiration, de l'amplitude des gestes) ou encore un engagement attentionnel singulier fait de disponibilité et de lâcher-prise. On assiste donc à une véritable pédagogie de l'expérience (INGOLD, 2021), dont la finalité première reste d'alimenter la créativité des étudiants, en privilégiant leur pleine immersion dans l'environnement.

La journée d'atelier commence tous les matins par un éveil corporel dans le jardin de l'école, notre territoire apprenant. La moitié de la promotion d'étudiants et les enseignants concernés y participent. Des mouvements ludiques et des déplacements dans l'espace explorent les aptitudes physiques et les capacités motrices des participants. C'est une prise de conscience de l'espace et du corps tout en s'échauffant pour commencer la journée, tous ensemble, dans une ambiance décontractée : l'éveil des sens commence.

Figure 9. Faire du torchis : garnir, se saisir d'une technique constructive locale. Atelier géosourcés, TT # 6.
© Toca Tierra.

Les étudiants passent toute la journée dans les jardins de l'école. Ils expérimentent tour à tour les matériaux géo et biosourcés. Faire par la sensorimotricité s'entend ici comme apprendre par les gestes (les capacités motrices du corps, de la main) et les sens (vision, toucher, ouïe, odorat, goût). Les artisans montrent les gestes usuels, ensuite les étudiants expérimentent à leur tour la création de matériaux et de leur mise en œuvre, ils s'en approprient, ils s'en saisissent (SENNETT, 2010). Les étudiants répètent ces gestes : ils courbent des fibres, les tissent et entrelacent puis les nouent. Ils mélangent la terre, remplissent une structure puis pressent, caressent, tapent, lisent, sculptent et/ou décorent la matière. Ils préparent et malaxent aussi la terre pour la mouler-démouler pour en faire des adobes, ils transpirent, ils sentent l'effort dans leur corps, ils soufflent, ils s'essoufflent et peuvent s'émerveiller. (Fig. 9)

À la fin de chaque exercice, nous avons introduit un facilitateur de migration qui est un temps de réflexion, c'est-à-dire un retour d'expérience des étudiants. (Fig. 10) C'est un moment collectif pour discuter des résultats, répondre à des questions et lors duquel la discussion s'ouvre sur l'analyse critique à propos du choix des matériaux de construction et de son cycle de vie.

Divers questionnements émergent donc : Quelles sont les conséquences du choix architectural par rapport à la provenance de la matière ? Quel est l'impact environnemental, social et économique ? Peut-on concevoir à partir de la matière ?

Figure 10. Questionner et discuter : un facilitateur de migration pédagogique, ateliers pratiques, TT # 6.
© NicNav.

Ce principe pédagogique vise non seulement à éveiller une conscience environnementale, mais aussi à présenter des matériaux mal ou peu connus pour une architecture frugale et résiliente, afin de renforcer une culture écologique et par là même propulser la transition écologique.

« Que veux-tu brique ? »

C'est la question que l'architecte Louis I. Kahn conseillait à ses étudiants de poser au matériau avant de conceptualiser la mise en œuvre (KHAN, 1996). Comme lui, nous invitons les étudiants à s'interroger avec la matière. Par exemple, que se passe-t-il si la conception commence par la matière ? L'analyse conceptuelle et critique se pose entre imaginer une technique constructive dès le départ et concevoir avec elle plutôt que de se demander, après la conception de l'espace, comment le construire ? Ou, par exemple, le choix d'une technique constructive par rapport à une culture constructive locale. Qu'implique socialement, économiquement et environnementalement de décider de construire en pisé, dans un contexte où la culture constructive locale est traditionnellement la construction en brique ?

CONCLUSION

La semaine intensive Toca Tierra marque une évolution de la pédagogie en architecture à l'ENSA de Toulouse, alignée sur les valeurs de conscience écologique. À cette fin, elle est centrée sur la culture constructive des matériaux bio-géo-sourcés, et adopte une approche combinant sensorimotricité et transdisciplinarité ce qui permet de sensibiliser les étudiants à l'architecture écologique et à l'analyse critique du choix des matériaux dans la construction.

La combinaison des activités proposées permet aux étudiants d'acquérir progressivement une vision holistique de l'architecture. En apprenant à voir à travers les visites urbaines, à penser grâce aux lectures et discussions sociologiques, à faire par la sensorimotricité avec les artisans, et à conceptualiser via l'accompagnement des plasticiens, les étudiants développent une compréhension intégrée des enjeux architecturaux. Cette approche vise à les conscientiser à la complexité du métier et à l'interdisciplinarité nécessaire pour aborder les défis contemporains de l'architecture en étant à la fois conscients et réactifs, aptes à intégrer des principes de construction soutenable dans leurs futures pratiques professionnelles.

Mais le véritable impact de cette approche ne pourra être mesuré que dans la durée, avec la répétition des sessions Toca Tierra, qui visent à former des architectes capables de répondre aux défis du XXI° siècle et au-delà. Dans une telle perspective toutefois, la durée limitée à une semaine au début des études universitaires pose une contrainte temporelle, car cela peut empêcher une immersion profonde dans les complexités des matériaux et techniques enseignés. Une semaine peut initier les étudiants aux concepts de base, mais ne peut suffire pour ancrer durablement ces enseignements dans leur pratique à long terme. De ce fait, les compétences et les sensibilités développées durant cette semaine pourraient ne pas être pleinement intégrées ni appliquées de manière continue et efficace au fil des années d'étude.

De toute évidence, il serait donc bénéfique de réfléchir à comment égrener les principes et les pratiques enseignés dans Toca Tierra tout au long du cursus des étudiants. Il serait essentiel d'intégrer ces principes et pratiques dans le processus de conception architectural, urbain ou paysager dès la première année d'étude, pour favoriser une compréhension plus approfondie. Ce point de vue permettrait une réflexion continue sur l'impact environnemental et social de leurs choix de conception, et encouragerait les étudiants à explorer en matière de techniques et de matériaux géo-bio sourcés.

REMERCIEMENTS

Merci à la direction de l'ENSA de Toulouse : Pierre Fernandez, Clotilde Kasten et Agnès Blondin et à toute l'équipe de l'ENSA : Anissa Merot, Thomas Laigle, Sandra Boussaguet, Florence Cazalis, Laurent Aranda. Merci à l'équipe de 2023 : Audrey Brunneau, Hervé Brisot, Pierre Bosch et Florian Mannaioni, artisans vanniers et à Anaïs Chesneau architecte DSA-terre de l'éco centre Pierre et Terre, Julien Bonnet fervent défenseur du chanvre. Merci aux enseignants : Sophie Claude (ingénieur DSA-terre, Institut National des Sciences Appliquées), Hugo Laroche (architecte DSA-terre), Xavier Martinet (architecte conseil CAUE 31), Simon Campedel, Sophie Fradier, Laura Girard et Marianne Rodrigues (enseignantes Histoire et Cultures Architecturales), Stéhanie Nava (enseignante Arts et Techniques de la Représentation) Samuel Balti, Annick Hollé, Noël Jouenne, Maire-Ange Lasmène, Caroline Laurent et Mohammed Zendjebil (enseignats Sciences de l'Homme et de la Société pour l'Architecture), Christophe Couzy, Raphael Van Der Beken et Juan Carlos Rojas Arias (enseignants Théories et Pratiques de la Conception Architecturale et Urbaine) ainsi que les fondateurs Lucas Kanyó Dutra (architecte) et Clémentine Laborderie (docteur en architecture).

BIBLIOGRAPHIE

amàco. (2012-2019). *Manips Grains, mallette pédagogique*, Grenoble.

amàco. (2012-2019). *Manips Fibres, mallette pédagogique*, Grenoble.

Bonnaud, X. (2012). « L'expérience architecturale. » In: *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, 26/27, pp.158 -164.

Clot, Yves. (2004). *Action et connaissance en clinique de l'activité*. Activités 01 (1). https://doi.org/10.4000/activites.1145

Ehrlich V et Vermès, E. (2021). « La paille, un matériau pour transmettre. » In: *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, n° 11 (mars). https://doi.org/10.4000/craup.7709.

Ghezal S., Laborderie C., Chalies S. (2022). « Faire dispositif pour étayer le cours d'expérience des étudiants en architecture. » In: Colloque ENSA ECO, Toulouse, France. hal-04115580

Houben H. et Guillaud H. (2006), Traité de construction en Terre crue, éditions Parenthèses, Marseille.

Ingold, Tim. (2019). Faire, anthropologie, archéologie, art et architecture, éditions Dehors, page 81.

Ingold, T. (2021). Being alive: Essays on movement, knowledge and description. Routledge.

Kahn, L. (1996). Silence et lumière, éditions du Linteau, Paris.

Laborderie C. (2023). Faire une place aux savoir-faire artisanaux dans l'enseignement de l'architecture pour aller vers des pratiques constructives plus écologiques, enjeux techniques et mésologiques, https://hal.science/tel-04525015v1

Lebois, V. et Laburte, D. (2016). L'engagement corporel, une démarche du projet architectural. Pédagogie pluridisciplinaire et immersive des ambiances architecturales. *Ambiances, tomorrow.* Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. Septembre 2016, Volos, Greece, édité par Nicolas Rémy (dir) ; Nicolas Tixier (dir.), 1:301-6. Volos, Greece: International Network Ambiances. https://hal.science/hal-01409174.

Lefebvre, P., Neuwels, J., & Possoz, J.-P. (2021). « Penser-Faire/Thinking-Making: Quand des architectes se mêlent de construction/ When Architects Engage. » In: *Construction*. Collection architecture, urbanisme, paysagisme.

Pallasmaa, J. (2010). *Le regard des sens*. Éditions du Linteau.

Revedin, J. (2018). *Construire avec l'immatériel, Temps, usages, communauté, droit, climat… de nouvelles ressources pour l'architecture* (sous la dir. de Revedin, J.) Gallimard, Paris.

Sennett, R. (2010). *Ce que sait la main, la culture de l'artisanat*, Albin Michel, p. 211.

Toubanos, D. et Villien P. (2019). *Le Livre Vert, L'enseignement et la recherche sur la transition écologique dans les écoles d'architecture et de paysage,* Livres du réseau Ensaeco.

Trabanino J., Laborderie C (2021). *Bilan Toca TIerra # 4*, ENSA Toulouse.

Trabanino J., Nava S. et al. (2022). *Bilan Toca TIerra # 5*, ENSA Toulouse.

Trabanino J., Jouenne N. et al. (2023). *Bilan Toca TIerra # 6*, ENSA Toulouse.

Villien, P. et Toubanos, D. (2023). *Livre Violet : Actions. Urgent ! Propulser la transition écologique : des intentions aux actions*, Livres du réseau Ensaeco.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Juan TRABANINO transmet et forme le grand public à l'architecture en terre crue dans les milieux associatifs ou universitaires depuis son diplôme de DSA-terre en 2006. Il est membre du réseau PROTERRA et a animé plusieurs workshops en terre crue et a une expérience professionnelle dans l'architecture humanitaire, en formation et reconstruction post catastrophe. C'est un des trois fondateurs de Toca Tierra.

Nathalie TORNAY Ses travaux de recherche ont pour objectif d'approfondir les notions liées aux enjeux environnementaux de la matérialité par une approche multiscalaire et multidisciplinaire. Au fil des projets de recherche, les questionnements ont abordé le cycle de vie des matériaux avec l'extraction de la matière première des isolants biosourcés à l'élaboration de scénario de valorisation de la fin de vie, ou encore la production de base de données de matérialité afin d'alimenter des simulations énergie-climat à l'échelle urbaine.

Sébastien CHALIÈS Son travail scientifique s'efforce de contribuer à « programme de recherche » portant sur la construction du sujet au travail et/ou en formation. Plus largement, il participe à ce que pourrait être une anthropologie de la vie professionnelle, vie professionnelle prise dans des métiers en mutation compte tenu d'enjeux sociétaux majeurs (écologiques, sociaux et solidaires).

Salma GHEZAL Diplômée d'un master 2 en recherche et développement analytique de l'Agroparistech (Paris) et d'un doctorat de chimie séparative, matériaux et procédés de l'université de Montpellier, je me suis lancée dans la recherche en chimie appliquée à l'art et à l'archéologie à l'Ingénierie de la Restauration des Patrimoines Naturel et Culturel (IMBE – UMR 7263 – CNRS, Université d'Avignon) et j'enseigne aujourd'hui la chimie de la conservation-restauration des biens culturels à l'ESAA.

L'HISTOIRE D'UNE MAISON EXPÉRIMENTALE ET PÉDAGOGIQUE SE POUR-SUIT : E-COLOS!! ÉTUDIE-LES-CONSTRUCTIONS-LOCALES-SOUTENABLES !!

Dominique DAUDON, UGA PHITEM, Laboratoire 3SR, Grenoble France (dominique.daudon@univ-grenoble-alpes.fr)
Martin POINTET, UGA-ENSAG, Laboratoire AE&CC, équipe CRATerre, Grenoble, France (pointet.m@grenoble.archi.fr)
Laurent GALICHET, UGA-ENSAG PHITEM, CRATerre, Grenoble, France (galichet.laurent0605@gmail.com)
Thierry JOFFROY, UGA-ENSAG, CRATerre, Laboratoire AE&CC, équipe CRATerre, Grenoble, France (thierry.joffroy@grenoble.archi.fr)
Yannick SIEFFERT ,UGA-PHITEM, Laboratoire 3SR, Grenoble France (yannick.sieffert@3sr-grenoble.fr)
Stan BORKOWSKI, Univ. Grenoble Alpes, INRIA, CNRS, Grenoble INP, LJK (stan.borkowski@inria.fr)
Laurent OXARANGO, UGA-IGE, IUT GCCD, Grenoble, France (laurent.oxarango@univ-grenoble-alpes.fr)

RÉSUMÉ

Cet article explore l'impact d'une pédagogie innovante combinant pluridisciplinarité, approche expérientielle et recherche sur le développement d'une filière. Il s'appuie sur l'expérience du projet e-CoLos!![1] qui visait à la fois le développement de compétences et l'élaboration de matériaux de construction en terre et adaptés aux besoins à grande échelle ainsi qu'aux exigences environnementales. L'histoire de la Maison en Terre[2] commence en 1986 avec l'équipe fondatrice de CRATerre. Construite en seulement 3 x 8 heures avec la collaboration d'étudiants, ce défi visait à promouvoir l'utilisation de la terre de construction. Deux ans plus tard, l'université décide de l'aménager. Elle lui ajoute une toile de protection et installe des services. En 2018, « eCoLos! », projet pédagogique soutenu par l'IDEX Formation, développe l'esprit de « soutenabilité frugale » chez les futurs acteurs de la construction en instrumentant la Maison en Terre : température, consommation électrique, humidité, apports solaires et qualité de l'air. Avec l'IUT GCCD, l'ENSAG, l'G-INP, Phitem, l'IUT GTE, l'INRIA, Polytech Grenoble, le Comité d'action sociale, et le service patrimoine de l'UGA, la Maison en Terre devient aussi un outil de premier plan pour les. En 2022, les acteurs fondateurs, cherchant à améliorer l'efficacité énergétique et le confort thermique de cette maison formulent un prototype de brique en terre allégée comprimée (BTAC). La caractérisation objective de l'amélioration est confiée à des étudiants statisticiens de l'UGA, confirmant la nécessité d'une pluridisciplinarité et l'intérêt d'acteurs très diversifiés. Bâtiment patrimonial grenoblois, la Maison 24 h est aujourd'hui un support pédagogique extraordinaire et stimulant sur l'évaluation du confort thermique procuré des matériaux bio et géo-sourcés en rénovation. Ces sujets suscitent l'intérêt grandissant des étudiants, des chercheurs et des professionnels de la construction pour mieux répondre aux besoins de la transition énergétique.

INTRODUCTION

Introduire la transition écologique, énergétique, ainsi que la soutenabilité, le développement durable et le réemploi en formation dans le Génie Civil et en l'architecture est incontournable (Sieffert 2014). De fait, cela est devenu une obligation dans l'ensemble des formations d'étudiants de l'UGA. La construction en terre est présente dans la région Rhône-Alpes et ailleurs de manière historique (pisé, bauge en Bretagne, adobe dans le Sud-ouest, etc.). Cela permet également d'aborder les techniques de maçonnerie, alternative au béton, qui sont enseignées d'une part à l'École Nationale Supérieur d'Architecture de Grenoble (ENSAG) grâce à son

1. Projet IDEX-Formation UGA, phase initiation, puis phase maturation.
2. Appelée aussi « Maison 24 h »

laboratoire CRAterre[3], le réseau Chaire Unesco[4], et d'autre part, dans le cadre de l'IDEFI amàco[5], et à Phitem, pour former les nombreux acteurs professionnels ou simples particuliers, curieux et auto-constructeurs.

Presque tous les types d'argiles minérales terrestres peuvent être utilisés dans la construction : ce matériau nécessite très peu d'énergie grise car disponible localement, favorisant ainsi sa mise en œuvre (Houben, 2006, Binici 2005). L'entretien et les réparations sont faciles. En fin de vie, le bâtiment peut être déconstruit et la terre réutilisée. Son empreinte écologique proche de zéro représente un énorme avantage par rapport à l'enjeu de réduction des consommations énergétiques (Shukla 2009, Waffer 2010). Dans un scénario où les ressources naturelles sont limitées, les constructions en terre sont une alternative intéressante également dans les pays d'Amérique du Nord et d'Europe (Chel, 2009).

En réponse à l'appel d'offre pédagogique d'excellence de l'UGA (IDEX-Formation), un consortium local est monté, afin de concevoir en partenariat avec les principaux acteurs de formation du site (l'UGA Phitem, l'IUT GCCD et l'ENSAG) un objet pédagogique soutenable : ainsi, la salle BBC, récente à l'IUT, entièrement instrumentée lors de sa construction dans les années 2000 sert de modèle, et la construction en briques de terre comprimée de l'UGA (maison 24 h, inutilisée) est proposée à l'instrumentation thermoénergétique. L'objectif est de permettre aux étudiants de se forger, par eux-mêmes, une opinion des performances. Les mesures doivent être visibles sur un site web, 24 h/24 afin de pouvoir diffuser, au mieux et vers tout type de public, des ressources pédagogiques sur une instance Moodle ©. Enfin, la maison en terre servira spécifiquement de modèle pour les simulations avancées en mécanique des solides, thermiques, statistiques, etc.

3. http://www.craterre.org/
4. Chaire Unesco « Architecture de terre, Cultures constructives et développement durable », https://terra.hypotheses.org/
5. https://amaco.org/

1. UN PEU D'HISTOIRE

1.1. MAISON EN TERRE : PROMOUVOIR L'ARCHITECTURE DE TERRE

Dans les années 80, un nouveau quartier de la ville nouvelle de l'Île d'Abeau (38) est l'occasion d'expérimenter à grande échelle l'utilisation du matériau terre. Dans la foulée, le cadre de l'année internationale des sans-abris (1986) mobilise, autour d'un challenge, la construction d'une maison entièrement en terre en l'espace de 24 heures. Elle est longuement préparée à CRATerre (Daudon & al. 2018) avec des étudiants de l'ENSAG :

- conception technique et architecturale, avec l'architecte espagnol J. Estève,
- test et formation sur un modèle réduit échelle 1/2 en laboratoire à CRATerre,
- caractérisation du matériau et fabrication des briques stabilisées par les étudiants à l'IRIGM,
- préfabrication des cintres des arcs, détermination des quantités, etc.
- planification du chantier en 3 jours ouvrés pour la construction du gros œuvre,
- inauguration (Fig.1a) du bâtiment d'environ 7 m x 7m x 2.5m.

1.2. LA MAISON EN TERRE : USAGE ET DÉCLIN

La maison en terre reste durant 2 ans soumise aux aléas climatiques. Sur décision de l'Université de lui donner un usage, une protection est placée (Fig. 1 b) et une agence de voyages y est installée. Mais l'arrivée d'internet réduit cette activité et entraîne sa fermeture. La maison en terre est alors convertie en annexe de divers services centraux de l'UJF (ex UGA) au gré des variations d'effectifs. Les personnels, peu informés des spécificités de cet édifice, tendent plutôt à se plaindre de son inconfort. Elle est donc convertie en local d'archivage sans entretien particulier.

Figure 1 (a). Fin des trois jours de chantier.
© P. Doat.

(b). 2016 initiation du projet e-CoLos !
© Phitem.

Proposer, aux étudiants grenoblois, une alternative pédagogique au « tout béton », conjointement à la mise en place de collaborations avec CRATerre dans les programmes de recherche, initie un premier projet pédagogique : visiter le bâtiment pour étudier le comportement aussi bien mécanique que thermoénergétique. Ce dernier, « inertiel », dissocié de celui, isolé, de la salle dite « BBC » située à l'IUT, en sont les moteurs. En 2015, un premier état des lieux mené par des étudiants de M1 GC de l'UGA, montre que ces deux types de construction ont des caractéristiques idéales pour la réflexion pédagogique. En parallèle, l'UE Matériaux bio-sourcés est créée (Fig.2).

Figure 2. enseignement concernant les matériaux de construction bio sourcés.
© Phitem.

1.3. LA MAISON EN TERRE : NOUVELLE VIE

En 2017, après une longue période de sommeil, la maison en Terre est remise en état de fonctionner pour accueillir les personnels du CAES. Le projet d'utilisation pédagogique est pris en compte, permettant ainsi la mise en place de l'instrumentation et donc l'étude d'un fonctionnement « en service » nécessitant la coopération des usagers. Pour répondre à l'appel d'offre pédagogique, un consortium local est monté comprenant l'UGA Phitem, l'IUT GCCD et l'ENSAG). Le projet e-CoLoS ! propose de s'appuyer sur l'accès, en temps réel, aux données du comportement thermoénergétique, pour les cours et des mises en situation professionnelle. Grâce à l'Equipex « Amiqual4home » (INRIA), les premières mesures sont en lignes en décembre 2018 (Fig.3). Le système « maison », low-cost, mis en place, utilise le protocole KNX filaire, une carte RasberryPI, et les logiciels libres InfluxDB et Grafana pour l'affichage sur une page web sécurisée.

Le complexe permet des mesures de température intérieure, d'humidité, de CO2, sur les murs Nord, Sud et un pilier central. Il est complété par une centrale météo extérieure à 4 m de haut en face sud, des pyranomètres sur les 4 façades pour la me-sure des apports solaires, et 2 capteurs « maison » permettant la mesure de température au sein des murs en 3 points de l'épaisseur. Enfin, un capteur de particules est installé sur un pilier central, car les murs intérieurs sont bruts. Les emplacements des capteurs sont décrits sur la figure 4.

2. PEDAGOGIES : DU PROJET À L'UNITE D'ENSEIGNEMENT

Le projet e-CoLoS ! forme les étudiants en cycle initial principalement : les futurs acteurs de la construction, devront impérativement avoir les connaissances et le bon sens nécessaires au choix de matériaux et solutions constructives dans le cadre urgent de la transition énergétique et écologique. Il s'agit donc essentiellement de leur apporter une capacité à faire de bons choix grâce à des mises en situations plus complexes que les enseignements classiques de dimensionnement mécanique et d'application des règles de l'art ou des Eurocodes. Il s'agit de rendre l'étudiant « acteur de sa formation » et investi dans les transitions et leur mise en application (réemploi, optimisation énergétique, réhabilitation plutôt que neuf, etc.). Le projet pédagogique a aussi l'ambition de permettre une pédagogie numérique largement accessible, mais aussi de réaliser des chantiers ou expériences « learning by doing » dans des perspectives de maintenir et/ou d'adapter les nombreuses constructions existantes, sans pour autant diminuer les standards normatifs. Enfin, ce projet a aussi l'ambition de proposer des acquisitions de connaissance à la société civile, seule capable de passer à l'échelle supérieure.

2.1. E-COLOS ! PROJET, PROFESSIONNALISATION, PÉDAGOGIES NUMÉRIQUES

L'objet « Maison 24 h » a permis d'initier les étudiants Bac+4 en ingénierie, dès 2015, à la construction durable en terre, peu connue des jeunes générations, même si la région Rhône-Alpes en est largement dotée, en zone rurale ou urbaine, Lyon(69) ayant le plus grand patrimoine en terre d'Europe (Joffroy & al. 2017). Dans ces projets autonomes, tutorés ou pluridisciplinaires, les étudiants sont placés en position professionnalisante : le groupe de 3 à 4 étudiants fait fonction de bureau d'étude, d'entreprise ou de collectivité, et l'enseignant ou le partenaire privé qui propose le sujet est un client. Les étudiants s'organisent pour l'analyse et la reformulation des objectifs en fonction des livrables demandés, du planning, de leurs compétences et des acteurs extérieurs. Ils proposent

Figure 3. le Dashboard des premières mesures de décembre 2018.

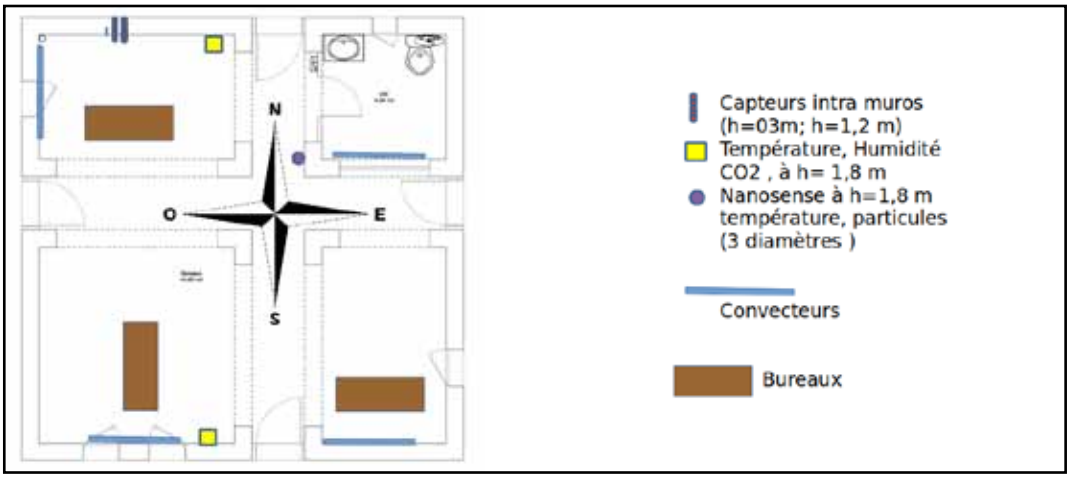


Figure 4. implantation des capteurs intérieurs.

	sans toile de protection	avec toile de protection
Besoin en chauffage	5075 W	8202 W
Besoin en refroidissement	8984 W	7648 W

Figure 5 (a). Diagnostic thermique du 30 mars 2016, montrant que la toiture est un point chaud (hors emplacement des convecteurs.

© (Plan & al, 2016).

(b). Besoin en chauffage et en refroidissement (noter l'effet théorique de la toile de protection via les apports solaires : augmentation des besoins de chauffage, et diminution des besoins de refroidissement.

© (Fawal & al 2020).

les réunions d'avancement « clients », fournissent les livrables aussi bien techniques (plans, notes de calculs, maquettes numériques, simulations de scénarios) que académiques (rapport et soutenance). Sous cette forme ont été livrés : des scénarios de consommation d'énergie et d'amélioration « été »/ « hiver », des diagnostics acoustiques (coefficient d'absorption Sabine moyen des murs 0,31 (Anouvaraly 2019), thermo-énergétiques variés (Fig. 5) et des plans de ferraillages et de fissuration, des vérifications aux Eurocodes maçonneries, etc. Chaque étude a permis à un petit groupe d'étudiants en ingénierie de se familiariser avec cette construction soutenable puisque quasiment intacte depuis sa construction en 1988.

Depuis septembre 2019, l'ensemble des mesures est utilisé plus massivement dans le cadre d'une Unité d'enseignement du Master 2 Génie civil de Phitem, ainsi qu'à l'IUT de Génie civil. Dans le cadre du M2, le bureau d'étude « diagnostique du bâtiment » aborde à la fois le comportement thermoénergétique et le comportement mécanique de la Maison en Terre. Une première partie d'activité se réalise sous la forme « bureau d'étude », puis un aspect, thermique ou mécanique ou cycle de vie (depuis 2023) est approfondi en deuxième partie. Des maquettes numériques du bâtiment ont été développées sous divers logiciels métier comme REVIT ©, ROBOT structural Engineering ©, COMSOL ©, ANSYS ©, CYPE ©, Pleiade ©, de manière à permettre des simulations de comportement avec différents scenarios d'usage (temporaire, permanent) pour le comportement thermoénergétique ou mécanique (sismique par exemple). Les étudiants se familiarisent avec les mesures, leur manipulation directe pour examiner le déphasage entre températures extérieures et intérieures, ainsi que l'amortissement des amplitudes thermiques. Ils montrent ainsi en été que ce déphasage, lié à l'inertie thermique est de l'ordre de 6 h +-1 h renvoyant le pic de chaleur intérieur hors des horaires de travail. Une comparaison Salle BBC/Maison en Terre est également étudiée : les usages sont différents (salle de réunion/ restauration versus bureau) et la salle BBC est de type « isolée » (Fig.6).

De nombreuses études mécaniques ont été effectuées par les étudiants de filière mécanique en préparation du chantier de correction thermique de la toiture et le comportement sismique potentiel (voir §2.2, et Grousson-Troyes 2018). Outre l'élaboration des maquettes numériques, une confrontation des descentes de charge par les simulations numériques avec les calculs réalisés en 1986 a démontré notre difficulté actuelle à faire des calculs simplifiés, rapides, et fiables, mais suscité la curiosité des étudiants. Ainsi, l'épaisseur maximale de 14 cm à 400 kg/m³ d'isolant à mettre en œuvre a été déterminée : la « marge de manœuvre » étant procurée par la charge de neige, reprise par la toile et non plus en toiture, selon les règles de construction en 1986 (Paccard & Mons 2020, Belhaji & al 2022). Si les Eurocodes comportent un volet maçonnerie, les paramètres mécaniques normatifs ne sont pas adaptés au matériau terre et une analyse inverse développée en projet (Quay-Thevenon & al 2017), paramétrée à partir du potentiel de résistance des briques a émergée à partir de la faible fissuration observée sur les éléments porteurs après 35 ans.

2.2. LEARNING BY DOING

Dans le cadre du projet e-colos !!, la composante « learning by doing » est présente essentiellement pour les essais expérimentaux professionnels tels que :

- des tests acoustiques (la maison en terre et la salle BBC ont une acoustique particulière, liée à leur géométrie),
- des essais mécaniques vibratoires non destructifs par bruit de fond sismique pour un suivi régulier d'éventuelle dégradation de comportement (vieillissement du bâtiment, modification de structure… dégradation accidentelle…),
- des essais d'infiltrométrie (Fig. 7.), classique du bilan thermoénergétique d'un bâtiment, ou encore l'essai de déperdition du CSTB en prototypage.
- le chantier de correction thermique de la toiture de la Maison en Terre (2023).

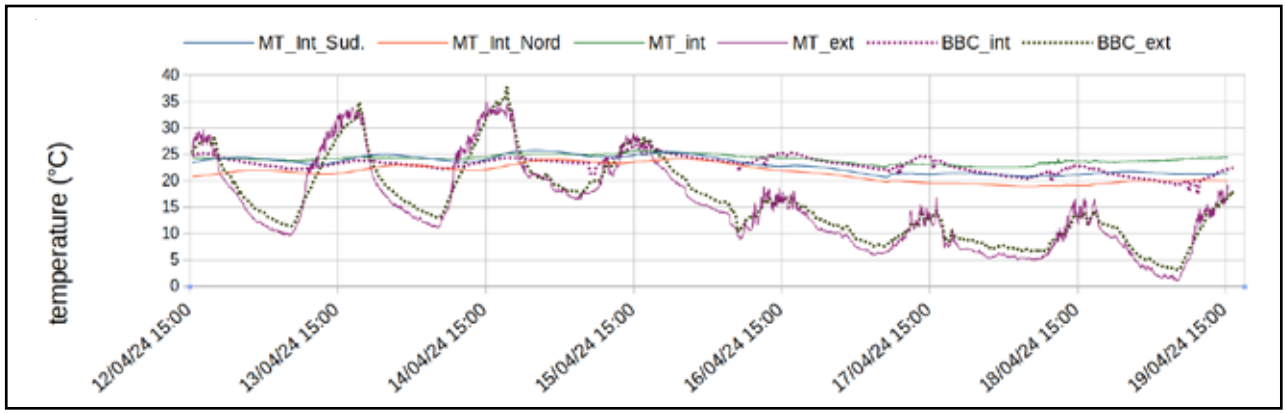


Figure 6. Comparaison des températures intérieures et extérieures entre la Maison en Terre (inertielle) salle BBC (isolée, matériaux bio-sourcés)

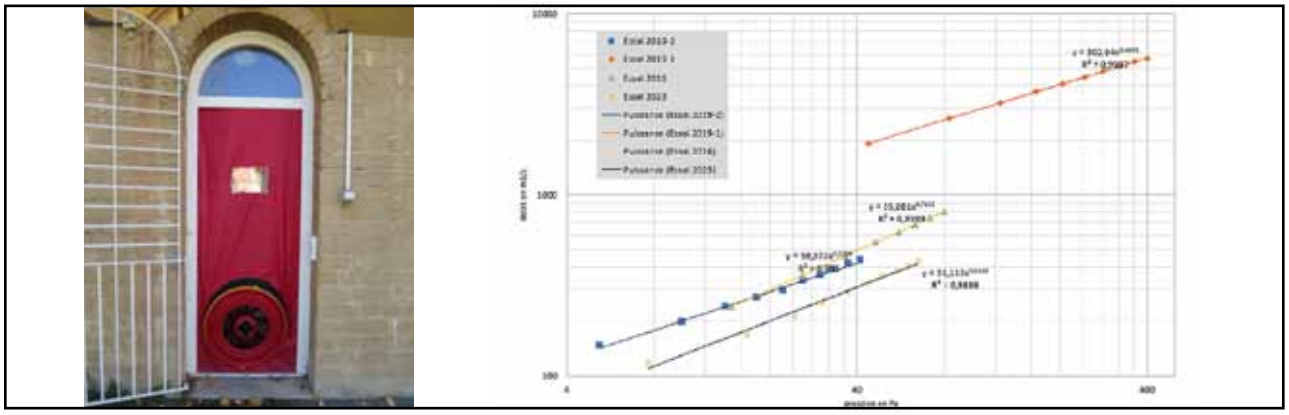


Figure 7. essai d'infiltrométrie (a) dispositif porte filtrante © Phitem (b) suivi des résultats sur plusieurs années, y compris l'essai 2029-1 résultat d'une mauvaise manipulation. On notera l'effet de la correction thermique effectuée en 2023 (Galichet 2024) qui réduit les débits d'infiltration parasites.

Un autre type de pédagogie « learning by doing » concerne l'utilisation/apprentissage de logiciels métier (voir § 2.1) qui permettent ainsi une diffusion plus large des applications de type « énergétique/écologie/cycle de vie » du bâtiment.

Des résultats des essais sont collectés annuellement et comparés, permettant des vérifications. Le temps imparti étant court, il est demandé aux étudiants de préparer l'essai avec les manuels des appareillages, de faire des photos du déroulement puis d'intégrer leurs mesures dans celles existantes, et enfin, de définir des indicateurs pertinents. La notion d'étanchéité à l'air est alors connue et analysée, ainsi que les ordres de grandeur.

Considérant que les constructions futures seront principalement des rénovations de l'existant, les étudiants sont invités à pratiquer un essai non destructif de caractérisation dynamique par bruit de fond sismique ambiant. Ce type d'essai permet de caractériser le comportement dynamique au moyen de la mesure des fréquences propres de vibration de la structure (Fig. 8), voire des modes propres (qui requièrent plusieurs capteurs). Les bruits ambiants (trafic routier, vent….) sont les sources d'excitation vibratoire des structures. Celles-ci vibrent selon leurs fréquences propres, caractéristiques de la « rigidité » du bâtiment, ce qui permet d'identifier toute modification liée à un endommagement ou une modification du chargement liée à la réhabilitation en réponse aux Eurocodes 8, à la RE2020, etc.

La correction thermique de la toiture a été réalisée en juillet 2023, au cours de la 2e partie du projet. La toiture, réalisée en posant les briques en panneresses, présente une épaisseur deux fois moindre que les murs. C'est donc celle-ci qui est responsable de la plus grande partie des déperditions (Fig. 5.b) et qui a été privilégiée pour cette correction. Largement décrite dans Galichet & al (2024) elle a re-cours à des briques expérimentales en terre allégée avec de la paille. Elles sont posées sur la chape de protection et complétées par du « vrac » au niveau des joints entre les briques résultant de la courbure des coupoles. L'ensemble du chantier, mené par l'ENSAG avec 15 étudiants et enseignants du DSA-Terre a duré 2 semaines.

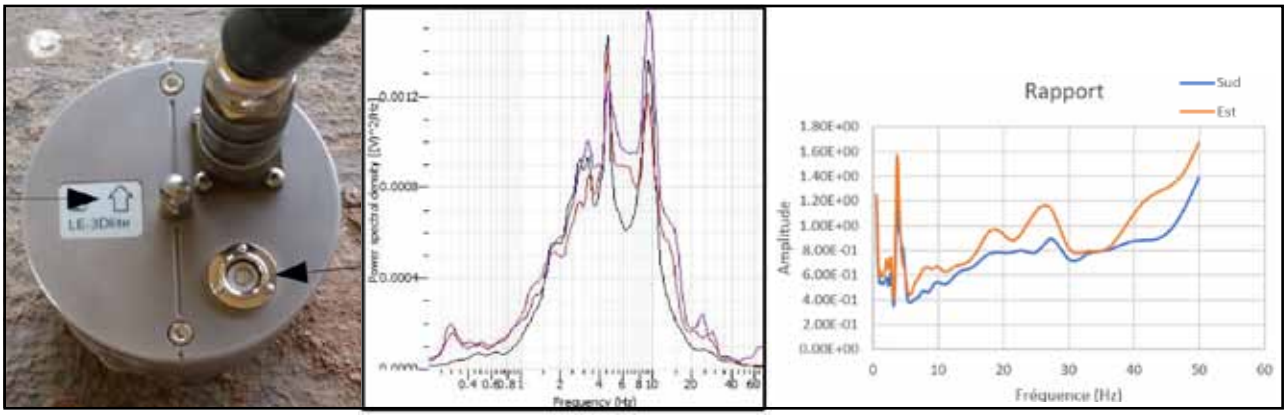


Figure 8. essai de caractérisation vibratoire par bruit de fond ambiant (a) capteur sur toiture © Phitem (b) fréquences propres observées (vibration de la toile protectrice correspondant au pic 4-5 Hz, et des murs latéraux à celui de 10 Hz) identification de l'effet de la surcharge due à la correction thermique : amplification/diminution (amplitude >1 ou <1) de l'effet des fréquences entre 3 et 50 Hz sur les murs

Il a permis la formation RSE à l'ensemble du groupe. Une instrumentation supplémentaire de capteurs de température a été ajoutée en mur sud et dans la toiture. L'efficacité de cette correction a rapidement pu être confirmée grâce à l'étude statistique sur l'ensemble des années des mesures, menée par un trinôme d'étudiant en Master Statistique et Science des Données. La consommation énergétique d'hiver, en 2024, a diminué de 45 % par rapport aux années précédentes (Ferron & al 2024, Galichet & al (2024)). Ces étudiants, néophytes en construction, ont ainsi pu également apprendre de ce comportement thermoénergétique de la terre et montrer, grâce à la mise en œuvre d'analyse en composante principale, qu'en hiver, les facteurs cruciaux sont la température extérieure et la consigne de chauffage.

3. CHANGER D'ÉCHELLE

Les préoccupations actuelles concernant la transition écologique du secteur de la construction imposent de changer d'échelle concernant les modes constructifs considérés comme soutenables. Si la construction bois a émergée, c'est en partie grâce à sa standardisation et à sa promotion, mais surtout grâce à la formation des futurs acteurs et à la garantie de fiabilité donnée par les Eurocodes. Si l'on peut compter sur la trame des Eurocodes maçonneries, encore faudrait-il les adapter à la terre (adobe, BTC…), et former plus largement les acteurs à la construction. Pour cela, des recherches plus approfondies et plus larges restent nécessaires et les efforts de formation devront être renforcés.

3.1. PÉDAGOGIE : FORMER LES FUTURS ACTEURS POUR CHANGER D'ÉCHELLE

Les changements d'échelle nécessitent de toucher un « public » beaucoup plus important dans l'ensemble des acteurs de la construction à tous les niveaux de formation, que ce soit pour les maçons, chefs de chantier, architectes, etc. À Grenoble, les initiatives locales sont historiques et se poursuivent, se penchant plus particulièrement sur la possibilité d'offrir une alternative soutenable de faible impact (low tech) au tout béton, sans pour autant l'exclure. La Maison en Terre est une preuve de durabilité, après plus de 35 ans de vie sans entretien particulier. Changer d'échelle n'implique pas nécessairement de bannir le béton, mais plutôt de généraliser la prise de conscience que des solutions alternatives existent, vers le public étudiants de formation initiale. À Phitem, c'est environ les 2/3 de la promotion de master qui sont initiés à ces alternatives, constructions en Terre majoritairement, mais également au réemploi qui nécessite également des efforts de normalisation et un accès à l'assurabilité des constructions.

Il s'agit donc essentiellement de varier les techniques constructives vues en formation, afin de former des acteurs en capacité de choisir la solution la mieux adaptée en fonction des critères principaux incontournables : est-ce la résistance mécanique ? La durabilité ? La frugalité ? Offrir à un public en capacité d'être acteur de la transition écologique dans quelques années la capacité de réflexion et de recul nécessaire est à développer largement.

Si cette massification de l'apprentissage d'alternative « low tech » est largement en développement dans les formations initiales et continues, elle n'est peut-être pas encore suffisamment développée dans la société civile. En réponse, une première formation continue universitaire a été développée cette année, rassemblant une trentaine de professionnels. Au sein des ENSAs, le projet Amàréno[6] développe aussi cette prise de conscience.

La pluridisciplinarité, on l'a vu avec le travail de projet tutoré des étudiants du master Statistique (Flin & al 2024), permet d'utiliser des outils scientifiques complémentaires, fiables et rigoureux. Cela est très utile pour démontrer les possibilités réelles d'amélioration du comportement thermique, car permet de sortir du ressenti pur. *In fine,* cela permet de toucher un public civil, utilisateur passif et non acteur militant du procédé.

Il ne faut pas nier les difficultés rencontrées pour pouvoir utiliser le matériau terre en contexte formel, car, l'absence d'Eurocodes, réduit les possibilités d'un développement large, encore non compensé par les documents techniques existants (traité de construction en terre, construire en pisé, guides de bonnes pratiques), ni les outils de validations constructifs via les ATEX, ou les fiches (FDES, PEP)[7] dans les bases de données matériaux INIES du CSTB.

3.2 ACCÉLÉRER ET RENFORCER LA RECHERCHE

La recherche autour des matériaux de construction bio et géo-sourcés, et notamment la terre a démarré dans les années 1970s, notamment autour de l'idée d'un renforcement des propriétés mécaniques du matériau. Aujourd'hui encore, il est tenté de l'amener au niveau minimum d'un éventuel Eurocode, mais des efforts sont aussi faits pour utiliser des déchets industriels de carrières, des matériaux fibreux bio sourcés ou autres, à disposition dans les pays en voies de développement où il est difficile de construire à grande échelle avec le ciment, coûteux, et la rareté des agrégats nécessaires à la préparation des bétons.

Le changement d'échelle est devenu effectif avec la coopération d'acteurs de l'ingénierie dans le cadre de projet de recherche sur appels d'offres. On peut noter les initiatives de l'INSA de Lyon, l'outil de formation et de prototypage des Grands Ateliers de l'Île d'Abeau où est localisé amàco[8], qui participe aussi bien

6. https://amaco.org/amareno-renovation-bio-geo-sourcee-vers-la-montee-en-competences-massive-des-professionnels-du-batiment/
7. Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire, Profil Environnemental Produit
8. https://amaco.org/

à la formation qu'à une diffusion efficace dans la société civile à travers le festival biannuel Grain d'Isère organisé autour de la formation DSA Terre de l'ENSAG, ou encore la réponse conjointe CRATerre et 3SR lors de l'ANR Flash HAITI (2010). Depuis, il convient de permettre la formation des acteurs de terrains, artisans, etc., et notamment, de porter à leur connaissance, les performances avec le matériau terre, en les impliquant directement via des projets au niveau national. Il s'agit de considérer tous ces acteurs pour qu'ils soient informés des possibilités qu'offre la terre, que ce soit en structure, en remplissage, ou comme correcteur thermique. D'autres projets (ECOTerra[9]…), les associations internationales comme la RILEM[1] etc. se sont emparées du sujet, et contribuent au changement d'échelle.

Toutefois, il ne pourra être « achevé » que lorsque une généralisation des règles de certifications mécaniques structurelles via un Eurocode spécifique ou l'adaptation de l'existant. Cela devrait être assorti de normes de dimensionnement souples, mais suffisamment garanties pour être diffusées largement sans passer par des étapes de type prototypage que sont les ATEx[10]. L'intégration dans la base de données INIES[11] en est un élément.

Actuellement, les outils d'optimisation thermoénergétique, à travers les paramètres structurels des bâtiments (épaisseur des murs, matériaux, etc.) introduits dans les outils commerciaux de la profession (GrassHopper, par exemple) sont encore au stade de la recherche (Esteve-Bourrel & al 2024), mais leur mise au point, testée entre autres, sur la maison 24 h, est un élément de contribution à la validation des développements en cours.

Enfin, les mesures obtenues en situation de services depuis 5 ans sont très originales sur le territoire local, mais aussi national, voire international. La phase future de changement d'échelle est la mise en production de ces données en accès libre. Cette phase en cours d'étude prévoit une réalisation pour la fin d'année 2024.

CONCLUSION

La « Maison 24 h » ou « Maison en Terre » du Campus, est le prototype historique et original d'une des possibilités de système constructif alternatif soutenable en terre, capable de résister dans le temps. Devenue objet pédagogique majeur de la formation initiale universitaire grenobloise des acteurs de la construction, grâce aux financements de deux projets Idex-formation, e-CoLoS!!, elle contribue petit à petit à un élargissement des connaissances, à une acquisition de compétences via l'accès aux mesures effectuées. La diversité des profils des acteurs impliqués (génie civil, architecture, instrumentation, statisticien…), ainsi que leurs rôles professionnels (formateurs, élus des structures d'action sociale, chargés du patrimoine bâti, étudiants) est en soi, un début de changement d'échelle. Les apports scientifiques, majoritairement issus du travail collaboratif avec les étudiants en projet, sont diffusés plus largement à travers les unités d'enseignements proposées aux étudiants en formation initiale et en formation continue à l'UGA. Ces nouveaux acteurs, entrant dans la vie professionnelle seront sans nul doute un relai crucial, et devraient permettre d'accéder dans quelques années à une certification suffisante du comportement structurel, thermoénergétique, acoustique des constructions en terre, à travers la mise au point encore balbutiante des outils d'aide à l'optimisation des matériaux nécessaires et de leur performance. La Maison en Terre, démonstrateur d'une construction alternative durable, est un acteur primordial du changement d'échelle, grâce à la diffusion future des mesures expérimentales sous une forme ouverte à tous, comme catalyseur d'un changement d'échelle à venir, l'analyse quantifiée de son cycle de vie est le prochain objectif.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient : l'ensemble des étudiants, nombreux, qui ont obtenu une partie des résultats scientifiques et techniques dans la cadre de leurs projets, de leurs unités d'enseignement. Sans le support des personnels « touchés » par le projet, et des financements « idex formation » et de l'ANR, ce projet n'aurait pas vu le jour. Les auteurs remercient également l'ensemble du collectif d'intervenants e-CoLoS !! qui ont apporté chacun, leur pierre à l'édifice.

9. https://www.ecopertica.com/la-cooperative/recherche-et-developpement/eco-terra/ ; https://www.umrae.fr/fileadmin/contributeurs/UMRAE/documents/fiches_projet/en_cours/2016_presentation_ECO-TERRA.pdf

10.Appréciation Technique d'Expérimentation

11.https://www.inies.fr/ base de données nationales de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction

BIBLIOGRAPHIE

24 h pour l'espoir, 1986. Saint-Priest. Reportage sur l'opération menée en 1986 : construire une maison en terre en 24 heures. Images du chantier, de la construction progressive du bâtiment, des techniques employées, interviews sur l'importance de la construction en terre pour les PVD

Anouvaraly M, (2019), Projet pluridisciplinaire, rapport « *diagnostic de la maison en terre* », M1 GC-Phitem UGA, 2019

Avenier, C. (2012), *L'Ordre du béton : la tour Perret de Grenoble*, ENSA Grenoble, CRAterre éditions, « Cultures constructives », p 48

Avenier, C. et Coste, A. (2013), *The Perret Tower : symbol of the 1925 International Hydro-electric Power Exhibition in Grenoble, and of the Cement and Concrete Industry, Engineering History and Heritage*, Londres, ICE Publishing, .

Belhaji Y., Belaid I. et El Bourachdi A. (2022) Diagnostique mécanique de la Maison en terre : surcharge admissible de correction thermique. Projet de M1 SIM Phitem UGA (2022).

Binici H., Aksogan O., Shah T. (2005). « Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material ». *Construction and Building Materials*, n° 19, p.313-318.

Botton F. (2013) « La Casamaures ,Saint-Martin-le-Vinoux, Isère : un prototype d'architecture orientaliste en béton moulé », *Monumental*, Direction du patrimoine, 17, p74-79 (ISSN 1168-4534)

Botton F. (2012) « Un prototype d'architecture orientaliste en béton moulé : La Casamaures », *Béton et patrimoine*, Icomos France, no 18, p 204.

Cayol-Guérin A. et Riboreau, B. (2012) ,« Les origines du ciment en Dauphiné », *Béton et patrimoine*, Icomos France, no 18, p204.

Chel, A. and Tiwari G.N., (2009). "Thermal performance and embodied energy analysis of a passive house", *Applied Energ*., 86: p1956-1969.

Colinart T., Vinceslas T., Lenormand H., Hellouin De Menibus A., Hamard E., Lecompte T. (2020) « Hygrothermal properties of light-earth building materials ». *Journal of Building Engineering*, 2020, 29, pp.101134.https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101134.

Daudon D. et collectif e-CoLoS ! (2018) « Enseigner la construction soutenable en terre à l'UGA ; projet IDEX Formation : e-CoLoS ! » *TerraEducation III*, Grenoble 2018.

Daudon D. Joussellin F. collectif e-CoLoS !! (2019). « Enseigner la construction soutenable en terre à l'UGA, projet IDEX Formation : e-CoLoS ! ». *RUGC 2019*, NICE Sophia-antipolis, 2019.

Estève-Bourrel P., Beckett C., Bosché F., Daudon D., Haber G. (2024) "Building with earth: How to design buildings fitting future environmental objectives?" *Rilem ICEC2024*, 8th-10th July 2024, Edimburgh.

Fawal R., Amiri S., Gharbi I., Bravi-Fodera L. (2020), rapport final projet interdisciplinaire « diagnostic thermique de la maison en terre » 2020 M1 GC – Phitem UGA.

Flécheux M., (2021). *Vers une régénération écoresponsable de l'habitat social collectif du XXe siècle fondée sur la participation des habitants et l'utilisation de matériaux bio et géo sourcés.* [en ligne]. Thèse en préparation. Université Grenoble Alpes. Disponible à l'adresse : https://www.theses.fr/s260930

Flécheux M., (2021). Chrono-photo de tests, régénération XXe : Festival Grains d'Isère 2021 « Alléger la terre » en climat froid. Expérimentation ligne de production correcteur thermique / panneaux de terre & fibre. Grenoble : AE&CC.

Ferron R., Campiglia L. Flin A. (2024) A*nalyse statistique des performances thermo-energétiques de la maison 24 h,* projet tutoré Master 1 SSD. Im2ag UGA.

Grousson-Troyes R. (2018) Rapport TFE « Comportement dynamique de la Maison en Terre du campus de Grenoble : mesures par bruit de fond sismique et modèle éléments finis » *PHITEM-ENTPE-e-CoLoS !* 2018 UGA.

Joffroy, T. (dir), Hubert, A., (2017). *Lyon 2016 Capitale de la terre : bilan* [en ligne] Villefontaine : CRAterre. 148 p. < https://craterre.hypotheses.org/1442 >. ISBN 979-10-96446-03-2.

Galichet L., Joffroy T , Daudon D., Sieffert Y., Pointet M.,(2024) "Un matériau terre-paille pour l'amélioration du confort thermique." *EduTerra 2024*, Grenoble

Houben, H Guillaud, H., CRAterre, (2006). T*raité de construction en terre*, éditions Parenthèses, Mar-seille.

Morin Y. (1987). "Pari Gagné à Grenoble : une maison en terre construite en 24 h", in *Les affiches de Grenoble et du Dauphiné*; 16 janvier 1987

Nourdin J., et Joffroy T., (2021). *Vers de nouvelles terres allégées.* Grenoble : ENSAG. E-colos !– UGA.

Paccard B. Mons F. (2020) *Diagnostic mécanique statique et vibratoire de la Maison en terre*, projet de M1 SIM Phitem UGA, 2020.

Plan E., Bourdier Q., Soyeux T. Devun J. *Diagnostic thermique de la maison en Terre, projet pluridisciplinaire*, Master 1 GC, Phitem UGA, 2016.

Quay-Thevenon R., Piazzolla S., Volle B., Vyaravanh-Girard A. (2017). *Diagnostic mécanique de la maison en Terre* – Projet pluridisciplinaire de M1 GCI-Phitem, mai 2017, Univ. Grenoble Alpes.

Shukla, A., Tiwari, G. N. and Sodha, M. S. (2009). "Embodied energy analysis of adobe house". *Renewable Energy,* n° 34, p.755-761.

Sieffert, Y. Huygen J. M., Daudon D. (2014). « Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering – architecture collaboration ». J*ournal of Cleaner Production*. Volume 67, 15 March 2014, Pages 125-138.

Volhard, F., 2016. *Construire en terre allégée.* [en ligne]. Arles : Actes Sud. [Consulté le 14 novembre 2023]. ISBN 978-2-330-05050-4. http://d-nb.info/1131738349/04

Wafer R.F. (2010). Mémoire de Master Centre universitaire de formation en environnement Sherbrooke, Québec, Canada, Octobre 2010.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Dominique DAUDON ingénieure INSA Génie Civil, PhD, enseignante chercheure à l'université Grenoble Alpes dans le Master Génie Civil de Phitem. Elle est chargée du projet e-CoLoS!! « Étudie les COns-tructions LOcales Soutenables !! "qui propose aux futurs acteurs de la construction (architectes, ingénieurs, techniciens) des ressources pédagogiques des comportements thermo-énergétiques des bâtiments soutenables frugaux.

Yannick SIEFFERT est enseignant-chercheur à l'UGA et au laboratoire 3SR. Il est spécialisé dans la caractérisation mécanique des constructions en matériaux soutenables, bio et géo sourcées. Il anime les ateliers en construction avec des matériaux de réemploi depuis 15 ans.

Thierry JOFFROY est chercheur à l'ENSAG, affecté à l'Équipe CRAterre de l'UR AE&CC. Dès l'obtention de son diplôme d'architecte en 1984, il suit la première session du DSA Architecture de terre. Par la suite il participera aux enseignements puis, ayant obtenu un poste de chercheur deviendra coordinateur pédagogique puis, depuis 2015 co-directeur scientifique de cette formation. Habilité à la Direction de Recherches, il encadre des doctorants.

Martin POINTET est architecte DPLG, il se forme à la maçonnerie de terre au sein d'AKterre. Il participe, en 2005 à la création de Caracol éco-construction. En 2013, il intègre le projet Amaco et fondera le bureau d'étude BETerre en 2014. Depuis 2020, il est maître de conférence à l'ENSAG, et chercheur dans le laboratoire AE&CC, équipe CRAterre.

Laurent GALICHET est Ingénieur énergéticien depuis 2015 en thermique du bâtiment, rénovation énergétique. Chez Egis, EDF puis à l'étranger où il évolue comme apprenti, puis maître d'œuvre jusqu'à formateur. Il collabore avec artisans, ingénieurs ou architectes en construction traditionnelle terre et Bambou. Laurent se forme à CRATerre (ENSAG) depuis 2022.

Stan BORKOWSKI est un ingénieur de recherche à INRIA, spécialiste en vision par ordinateur et en robotique mobile. Il assure la maintenance du réseau des capteurs de la maison en terre.

Laurent OXARANGO est professeur à l'IUT de Grenoble, responsable du département GCCDet co-responsable du projet e-CoLoS !!.

PROJET TERCEL 2023 : EXPLORATION PAR LE DESIGN DE NOUVEAUX MATÉRIAUX COMPOSITES TERRE/CELLULOSE.

Arnaud MISSE, Architecte, chercheur Équipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (misse.a@grenoble.archi.fr)
Milena STEFANOVA, Master Design, Résilience, Habiter (DRH), ENSAG/ UGA (milena.stefanova@grenoble.archi.fr)
Emma COLOMBARI, UGA, CNRS, Grenoble INP, LGP2 et ENSAG, AE&CC, CRAterre (emma.colombari@grenoble-inp.fr)

RÉSUMÉ

Les étudiants du master 1 du parcours « Design, Résilience, Habiter » de l'école nationale supérieure d'architecture de Grenoble participent depuis deux ans au projet TerCel, une expérimentation pédagogique matières – matériaux — systèmes constructifs basée sur une approche exploratoire du développement de composites terres/cellulose pour produire de nouveaux matériaux de construction à faibles impacts environnementaux. Le projet interroge l'emploi de matières premières issues des filières de recyclage. La recherche exploratoire en design aborde des scénarii d'usage et des hypothèses techniques de mise en œuvre de nouveaux produits, mais aussi leur « désirabilité » à travers une approche plastique et esthétique des projets. L'originalité de l'enseignement est à la fois le croisement disciplinaire entre science des matériaux, design et architecture, et son approche par l'expérimentation. Le projet questionne les apports du design à la recherche, en quoi celle-ci peut changer la pratique du designer et comment les disciplines peuvent explorer ensemble et se nourrir mutuellement.

INTRODUCTION

Le master 1 du parcours « Design, Résilience, Habiter » (DRH) de l'ENSAG propose au second semestre des enseignements regroupés autour de la thématique « Design & Frugalité - Matières & Matériaux ». Dans ce cadre, depuis 2023, le projet TerCel a été mis en place sur le thème « Les déchets du monde d'avant seront les ressources du monde d'après », il porte sur une approche exploratoire de l'emploi de nouveaux matériaux composites terres/cellulose issus des filières de recyclage : terres argileuses des boues de lavage de carrière et cellulose de l'industrie du papier. En premier lieu sont visés des domaines d'emploi du second œuvre qui présente un bilan carbone important sur le cycle de vie des constructions lié entre autres au renouvellement régulier des produits lors des opérations de rafraîchissement et de rénovation (OID, 2019). Les finitions des surfaces - textures, empreintes, trous et reliefs - sont considérées tout en questionnant leurs capacités d'amélioration du confort intérieur : régulation des échanges hydriques, corrections thermiques et acoustiques (Atelier Aïno, 2022). Différentes formulations de mélanges terre/cellulose/microfibrilles de cellulose sont testées et utilisées pour créer une variété d'éléments intérieurs : claustras, faux plafonds, revêtements muraux en plaques ou en modules préfabriqués.

Au côté du master du parcours DRH, deux laboratoires de recherche sont impliqués dans le projet : le laboratoire LGP2

de Grenoble-INP spécialisé dans la valorisation de la biomasse végétale, la bioraffinerie, les matériaux biosourcés et le papier/carton et l'équipe CRAterre de l'UR AE&CC de l'ENSAG spécialisé dans l'architecture de terre. L'actualité des recherches est restituée aux étudiants pour nourrir leurs réflexions. Un financement obtenu grâce au soutien de Glyco@Alps a permis la mise en place de l'exercice la première année.

Au-delà de la recherche sur le développement de matériaux à faible impact carbone et leur possible futur pour une production à grande échelle, le projet se nourrit d'échanges transdisciplinaires et repose sur le croisement d'une méthodologie de recherche exploratoire par le design avec celle de la recherche fondamentale sur les matériaux. L'objectif de la pédagogie est d'ancrer un enseignement dans une complexité toujours croissante des problématiques de projets, de placer l'étudiant dans une posture et une démarche de recherche et de faire émerger une diversité possible d'hypothèses et d'actions dans le positionnement que l'étudiant « apprenant », futur professionnel, peut développer dans sa réponse.

1. LE BLOC DE COMPÉTENCES « DESIGN & FRUGALITÉ - MATIÈRES & MATÉRIAUX »

> « *La fin ou le but du design est d'améliorer ou au moins de maintenir l'habitabilité du monde dans toutes ses dimensions* ». Alain Findeli

Le master du parcours DRH, placé sous la responsabilité pédagogique de l'ENSAG, est un des deux parcours du master Design mis en place dans le cadre de la Design Factory de l'Université Grenoble Alpes (UGA). Il vise l'enseignement de la conception large par le design, en tant qu'activité créative de formulation et de formalisation qui peut produire de l'innovation. Le master s'adresse à des designers, architectes, ingénieurs et artistes en devenir qui partagent une même démarche : ce sont des concepteurs. Elle leur fait partager une approche de conception mettant en œuvre des dynamiques transdisciplinaires qui associent design, arts, technologie, sciences, sciences humaines et sociales. L'objectif est de former de futurs « designers de propositions pour les transitions ».

Structuré en blocs de compétences, le parcours propose, au second semestre de la première année, des enseignements regroupés autour de la thématique « Design & Frugalité - Matières & Matériaux ». En effet, dans un contexte écologiquement de plus en plus contraint, nous invitons les étudiants à repenser l'efficacité et la sobriété de nos constructions et de nos objets, de réfléchir et d'innover à grande échelle pour favoriser l'adaptabilité de nos bâtiments, de nos villes et de nos environnements au changement climatique, par le développement de matériaux et procédés à faibles impacts environnementaux.

1.1. DESCRIPTION DES ENSEIGNEMENTS

Le bloc de compétences se déroule pendant le second semestre de mi-janvier à fin mai réunissant une vingtaine d'étudiants d'horizons et parcours différents, il est organisé en quatre unités pédagogiques (UE). La première porte sur des « Apports Philo/Anthropo/Socio thématisés » (UE 2.1.1) et se nourrit d'actualités circonstanciées du design. Cette unité permet d'acculturer les étudiants aux pratiques actuelles de design des matériaux et biomatériaux et, plus largement, de les initier à une approche écosystémique en requestionnant nos ressources en tant que communs partageables et limités.

Elle est complétée d'apports théoriques de l'unité intitulée « Introduction à l'Écoconception » (UE 2.1.2) où l'accent est mis sur la compréhension des principes de l'Analyse de Cycle de Vie et initie aux moyens méthodologiques pour quantifier les productions sous le prisme de l'empreinte environnementale des produits.

Enfin, les unités « Projet long de design matériaux » (UE 2.1.3) et « Accompagnement Atelier et Expérimentations » (UE 2.1.4) forment le cadre de l'apprentissage par le projet et par le faire. Elles apportent aux étudiants les compétences et les bases méthodologiques et scientifiques nécessaires, axées sur l'analyse, la conception et l'expérimentation en tant que moyen d'acquisition de connaissances au service du projet.

1.2. MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DU PROJET DE DESIGN MATÉRIAUX

La méthodologie du projet est basée sur le principe du triple diamant adapté du processus classique de design (Fig. 1). Trois étapes se suivent : exploration, idéation et développement, liés par une logique d'itération. Chaque étape se caractérise par une phase divergente et une phase convergente. La singularité de l'approche pédagogique réside par le positionnement d'un workshop d'expérimentation et de manipulation des matières au démarrage de chacune des étapes.

1.3. APPRENDRE PAR L'EXPÉRIMENTATION ET PAR LE FAIRE

La démarche expérimentale mise en œuvre dans la cadre de ce bloc de compétences est une approche pédagogique où la confrontation avec la matière, à travers sa manipulation et sa mise en œuvre, devient un mode d'apprentissage, générateur de connaissances et vecteur de création et d'innovation. Cette approche pédagogique apporte un intérêt spécifique à l'enseignement du projet. En effet, la confrontation à la matière par le geste et la posture est une expérience dont la force dépasse bien souvent ce que les mots cherchent vainement à traduire.

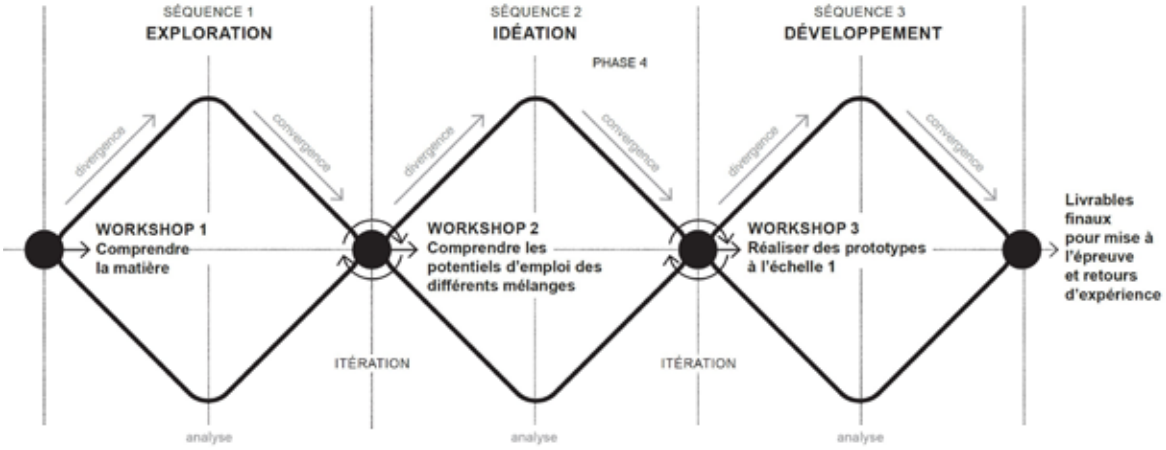


Figure 1. Schémas du triple diamant avec la position des workshops en début des phases divergentes de chaque étape.
© Arnaud Misse.

Cette approche par le faire, par la pratique de l'atelier et du prototypage, permet de produire de la nouveauté et du sens. Elle génère de la connaissance, de l'itération et de la réflexion. Elle induit la pensée du projet (Kolb D. C., 1984)

Ce mode d'enseignement, cette « culture » d'atelier d'expérimentation, très présent dans la pédagogie de l'ENSAG, mais aussi dans les écoles de design, fait alterner, dans une démarche itérative de projet, des phases d'esquisses et des étapes d'expérimentation et de prototypage. L'étudiant réalise ainsi des allers et retours du dessin (2d-3d) à la manipulation de la matière lors de workshop (essai, prototype) et peut ainsi progresser dans sa réflexion et vérifier ses hypothèses.

Les workshops, forme pédagogique de « l'atelier intensif », sont caractérisés par une unité de lieu, de temps et d'action, propices aux échanges créatifs, à la co-création, et à l'émergence des idées. L'organisation en workshop pousse à ses limites la créativité, la production finale prend alors assez souvent un caractère d'événement.

> « *Quand nous parlons de "matière au départ", nous l'appréhendons selon sa "nature propre" : c'est elle qui constitue l'amorce du travail. Et c'est à partir d'elle, avec elle que le projet commence. (…) Commencer par la matière, c'est partir du tangible. C'est en tout cas sortir de soi : partir du monde et non pas partir de l'imaginaire. La pensée créative ne se situe pas ex nihilo, mais dans l'orchestration du concret.* » (Davril, 2014).

2. STRUCTURATION ET DÉROULÉ PÉDAGOGIQUE DE L'EXERCICE TERCEL

La terre fait partie des matériaux abordés dans le Master du parcours DRH déjà depuis quelques années : lors des explorations autour de la terre coulée en 2019-20 et dans le cadre des projets développés en collaboration avec Saint-Gobain en 2021-22.

Ce matériau « primitif », disponible sous nos pieds, questionne et fascine toujours. La terre crue s'adapte facilement pour la construction de parois massives, mais difficilement par son poids et sa relative fragilité dès lors qu'on l'envisage dans des épaisseurs fines pour des produits et objets.

Le projet TerCel est l'occasion d'explorer « l'allégement » de la terre et son renforcement mécanique par l'ajout de cellulose, permettant ainsi de projeter des usages possibles en tant que produits du second œuvre. Le projet est une exploration par le design de la composition, des propriétés et des usages de différents mélanges possibles de terre et cellulose. Il questionne la pertinence de leurs emplois à partir de leurs qualités intrinsèques, pour évaluer et concevoir différents types de finitions intérieures : parements, plaques de cloisons, de doublage ou d'éléments de faux plafond. La typologie d'objets proposés est envisagée tout autant du point de vue B to C (vers un usager final « habitant ») que du point de vue B to B (vers un usager opérateur « poseur »).

2.1. ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE D'ENCADREMENT

L'encadrement pédagogique du projet est assuré par des membres issus des trois équipes[1] : Master du parcours DRH, CRAterre et LGP2. Transdisciplinaire, il réunit des compétences en design, en architecture, en construction, en

1. Il est composé par ordre alphabétique de : Nicolas BEGUIN – enseignant master parcours DRH, encadrant pédagogie exploratoire par le faire, expert en matériau terre, Julien BRAS — professeur Grenoble-INP Pagora, chercheur au laboratoire LGP2, spécialiste de la cellulose et des nanocelluloses, Marion CHIRAT — enseignante master parcours DRH, experte en matériaux biosourcés pour la construction, ACV et empreinte carbone, Emma COLOMBARI — doctorante au LGP2, thèse sur les matériaux terre-cellulose, Arnaud MISSE — architecte, enseignant master parcours DRH, chercheur CRAterre, expert en matériau terre, Pierre LAMBERT — designer produits, enseignant master parcours DRH, expert en modélisation et impression additive, Miléna STEFANOVA — architecte, designer, enseignante master parcours DRH, experte en pédagogie du projet design appliqué matériaux, Romain VIVES — directeur de recherche CNRS au laboratoire IBS, spécialiste en biologie des glycomolécules

acoustique, en exploration et manipulation des matériaux, en connaissances fondamentales de la cellulose et de la terre. Cette richesse du croisement des regards et des approches est primordiale pour nourrir et aider les étudiants à apprendre et se positionner vis-à-vis du sujet.

2.2. DÉROULEMENT DE L'EXERCICE PÉDAGOGIQUE TERCEL

Le projet se déroule sur un semestre de 12 semaines effectives durant lequel les étudiants travaillent en binômes. Il alterne les différents « temps » pédagogiques décrits ci-après dans un processus itératif de projet.

2.2.1. Phase exploratoire : durée 4 semaines

L'objectif de cette phase est de collecter, ressourcer, cartographier et comprendre de manière exhaustive l'ensemble des données qui concernent le contexte global du projet. Cette phase exploratoire permet aux étudiants de constituer un domaine d'expertise partageable et d'avoir une vision systémique des enjeux.

Elle permet en fin de phase, la définition du domaine d'intervention de chaque binôme et la formulation d'hypothèses de projet.

Le workshop 1 « Comprendre la matière » constitue le lancement du projet et le démarrage de cette phase exploratoire. Il est conçu comme une immersion de cinq jours dans le monde de la terre et de la cellulose, de la recherche actuelle, fondamentale et expérimentale autour de ces deux matières.

Il débute par la visite du laboratoire LGP2 (expertise sur la cellulose) puis du CRAterre. Les visites sont suivies d'une conférence et de manipulations de la matière terre. La deuxième journée est dédiée à un atelier centré sur la terre et les fibres végétales (paille, chanvre et ouate de cellulose), permettant de comprendre le rôle de chaque matière dans les mélanges.

Le workshop se finalise par deux journées ciblées plus spécifiquement sur les mélanges des matières étudiées : boue de lavage, fibres vierges d'eucalyptus, microfibrilles de cellulose et fibres recyclées de cellulose. Un exercice de type test de Carazas est adapté pour permettre une première cartographie expérimentale de différentes formulations des mélanges terre, cellulose, nanocellulose et eau. L'objectif est de constituer une matrice de mélanges « référents » dans différents états plastiques servant de points de départ pour la composition des matériaux des projets en phase d'Idéation (Fig. 2).

Figure 2. Production d'échantillons de différents mélanges par les étudiants lors du workshop 1.
© Milena Stefanova.

Des éprouvettes des différents mélanges sont également réalisées en nombre suffisant, pour être soumises après séchage à des essais de résistance en compression (Fig. 3). Ils permettent de donner de repères quantifiables du comportement des différentes compositions. Deux types de terres sont utilisées : des FAC (fine argilo-calcaire) de la carrière de Cemex située à Oytier Saint-Oblas aux alentours de Lyon, et des terres fines des carrières du Boulonnais, situé vers Calais.

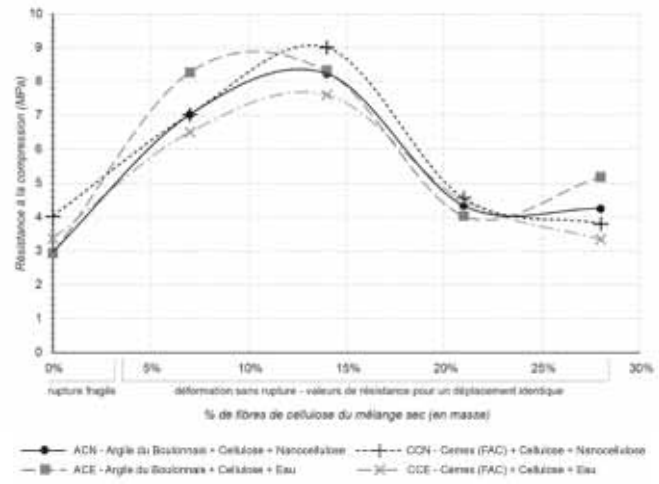

Résistance à la compression (MPa)
0%
5%
10%
15%
20%
25%
30%
rupture fragile
déformation sans rupture - valeurs de résistance pour un déplacement identique
% de fibres de cellulose du mélange sec (en masse)
ACN - Argile du Boulonnais + Cellulose + Nanocellulose
CCN - Cemex (FAC) + Cellulose + Nanocellulose
ACE - Argile du Boulonnais + Cellulose + Eau
CCE - Cemex (FAC) + Cellulose + Eau

Figure 3. Résistance à la compression des différents essais de mélange des étudiants.
© Arnaud Misse.

Suite aux résultats de ces manipulations, les étudiants avancent des hypothèses pour définir le domaine d'emploi de leur projet. Des interventions portant sur les propriétés hygrothermiques de la terre crue et sur les principes de la correction acoustique des espaces permettent d'apporter des notions théoriques pour comprendre le rôle que les produits du second œuvre peuvent jouer pour la régulation des ambiances intérieures, thermiques, hydriques et acoustiques.

Une recherche bibliographique ciblée autour du domaine choisi par chaque binôme finalise la compréhension des usages spécifiques et établit un état de l'art : cloisons et claustras, parements intérieurs et extérieurs, façades, panneaux acoustiques en mur et plafond, panneaux actifs du confort intérieur, murs rideaux et seconde peau, systèmes modulaires et fonctionnels, principes constructifs…

2.2.2. Phase Idéation : durée 4 semaines

L'objectif de cette phase est d'explorer un grand nombre de possibles sous le prisme des usages. La production d'idées alterne avec l'expérimentation où la matière est manipulée et testée permettant de vérifier — ou non — les hypothèses. Ces étapes de conception précisent ainsi, au fur et à mesure de l'avancement de l'exercice, le projet définitif à la fois dans sa forme et sa matérialité, dans sa fonction et ses emplois. Mais, au-delà de cette « formalisation », il est aussi demandé à l'étudiant, et en cohérence avec sa proposition, de réfléchir et de proposer le ou les scénarii d'usage sur la production et la mise en œuvre des produits TerCel imaginés. Cet aspect est central dans la pédagogie du module, car elle dépasse la simple approche plastique ou esthétique du produit fini dans laquelle est bien souvent cantonné le design, pour l'amener sur des questions socio-environnementales et sociotechniques des modes de production de l'habitat et celles d'un positionnement éthique ou politique. Le projet, plus qu'un objet, devient celui des valeurs associées à sa production et son emploi.

Dans cet objectif, des cours d'introduction à l'écoconception ainsi qu'à l'analyse du cycle de vie permettent aux étudiants de comprendre les notions d'empreinte écologique, d'impact social, et d'opérer des choix dans le cadre de leurs projets.

Le workshop 2 « Comprendre les potentiels d'emploi des différents mélanges » constitue le lancement de cette phase idéation et a pour objectif la réalisation des premiers éléments imaginés par les étudiants. C'est une recherche sur les formes, les dimensions, les textures, les reliefs de ces éléments et le choix du meilleur mélange pour les usages ciblés (Fig. 4). Ces essais permettent d'avoir un retour sur l'aspect des pièces, leurs solidités, leurs poids et leurs comportements lors du séchage ; retrait et déformation.

Figure 4. Prototype du projet Rémanta issu du workshop 2 : élément de faux plafond pour les espaces tertiaires, Yassine Belahmer et Fairouz Tobbal.
© Milena Stefanova.

Encadré par l'équipe pédagogique, l'étudiant bâtit alors un protocole de recherche dans une démarche scientifique d'expérimentation étape par étape. Pour les accompagner, des fiches par essais à remplir leur sont fournies. Les encadrants sont aussi là pour expliquer ou pour mettre au point leurs différents tests et expérimentations. Ces moments d'échanges sont l'occasion d'insister sur la rigueur et la méthode à acquérir dans le fait de documenter leurs expériences.

Les retours et les connaissances acquises à la suite de ce second workshop permettent aux étudiants de réajuster leurs propositions. Les projets sont redessinés en prenant en compte les particularités de la mise en œuvre. Des pistes d'amélioration sont imaginées pour les points qui n'ont pas été concluants.

Les étudiants finalisent leurs projets et élaborent des fiches techniques détaillées en prévision de la réalisation des prototypes. Ces fiches décrivent la production des pièces finales, proposent des plans des moules ou coffrages, quantifient les matières et les différents matériaux nécessaires, le temps et le déroulement de cette production, en préparation du dernier workshop.

2.2.3. Phase Développement : durée 4 semaines

L'objectif de cette phase est la finalisation des projets de chaque binôme, la réalisation de ces projets sous la forme de prototypes à l'échelle 1, la synthèse du travail du semestre et sa mise en valeur par l'exposition des résultats.

Le Workshop 3 « Réaliser des prototypes à l'échelle 1 » constitue le démarrage de cette phase développement et permet aux étudiants de réaliser leurs projets à l'échelle réelle. Ainsi, par retour d'expérience, sont vérifiées les hypothèses des différents scénarii d'usage et de mise en œuvre, et celles esquissant les modes de production et process de fabrication et de pose. Ce workshop se concentre également sur l'organisation et la planification de la production des prototypes, de leur séchage et leur assemblage final, et les fiches techniques préparatifs permettent aux étudiants et à l'équipe pédagogique de constituer un support partageable et de se projeter dans cette phase très engageante.

2.2.4. Synthèse et valorisation : les livrables finaux

Les résultats obtenus et les connaissances acquises, du premier workshop aux projets finaux des étudiants, sont valorisés par la production de différents médiums. Ils ont pour objectif à la fois leur restitution scientifique, leur partage avec un large public, mais permettent aussi la capitalisation d'un premier retour d'expérience par l'apport de ces regards critiques extérieurs.

Le livret est la mémoire du projet tout au le long du semestre. Il consigne d'une manière très détaillée, précise et méthodologique, l'ensemble des expérimentations réalisées pendant les workshops. Celles-ci doivent être documentées : objectif de l'expérimentation, photos des différentes étapes de mise en œuvre, description exacte des mélanges et des matériaux utilisés, conclusion sur les résultats obtenus. L'objectif du livret est de décrire d'une manière chronologique le travail, l'évolution des expérimentations, les objectifs de recherche jour par jour, les étonnements et découvertes, illustrés de croquis et photos des échantillons réalisés. Ce livret permet également de relater le cheminement du projet, les questionnements de chaque étape, les blocages et les doutes. Il permet également d'identifier ce que l'étudiant a découvert, appris, et surtout comment il analyse les résultats pour faire évoluer son projet. Les livrets sont imprimés et accompagnent l'exposition des prototypes.

Figure 5. L'exposition des prototypes à l'ENSAG.
© Arnaud Misse.

L'exposition des prototypes, accompagnés de panneaux explicatifs, est organisée pour un public large (Fig. 5). Elle a un but pédagogique et met en valeur à la fois les prototypes finaux, mais également le processus de leur réalisation. Des panneaux graphiques représentent des intégrations des produits dans des environnements ciblés, montrent des gestes et des matières, expliquent l'approche systémique des projets, esquissent de nouvelles organisations professionnelles et sociales autour de ces matières/déchets en circuit court, mettant en avant autant de nouvelles manières possibles « de faire » nos habitats.

La présentation orale organisée devant un jury interdisciplinaire de fin de semestre permet aux étudiants de faire la synthèse de leur travail et d'échanger sur leurs conclusions avec les experts scientifiques. À l'occasion de ces échanges élargis, l'objectif est de susciter la réflexion des étudiants afin qu'ils puissent se construire et se positionner comme des citoyens responsables, soucieux de l'impact et de l'importance de leurs choix. Plusieurs voies peuvent ainsi être explorées et précisées, allant de la production industrielle d'un produit et de son système de construction à l'autoproduction/construction assistée en passant par la conception de nouveaux outils de mise en œuvre, de développement d'un artisanat, et de l'intégration des outils numériques de fabrication comme l'impression 3D.

3. QUELQUES RÉSULTATS OBTENUS

3.1. BILAN EN CHIFFRE

Les résultats des deux années du projet sont notables en termes de production. En tout, une trentaine d'étudiants, travaillant en groupes, majoritairement en binômes (16 équipes), ont réalisé et finalisé plus de 50 propositions de projets, produisant pour cela plus de 120 échantillons ou prototypes variés, illustrés d'un nombre équivalent de panneaux explicatifs.

3.2. LES RÉSULTATS

3.2.1. Les aspects techniques

Ces deux premiers exercices longs ont permis d'explorer la matière terre + cellulose et de proposer de nombreux éléments innovants d'un point de vue des matières premières utilisées, mais aussi d'un point de vue de leur design. De premières conclusions ont pu être tirées des expérimentations réalisées par les étudiants. Les questions liées au mélange, à la formulation ainsi qu'à la mise en œuvre ont été investiguées, faisant ressortir de nombreux éléments de réponse.

Le rôle des fibres longues de cellulose
L'ajout de fibres à l'intérieur de la matrice terre permet de confirmer la réduction du retrait et de la formation de fissures (Paul, Islam et al. 2022). En effet, les fibres jouent le rôle d'armature entre les particules de terre et empêchent la propagation des fissures. Ce réseau de fibres permet d'améliorer la résistance mécanique du matériau (Stanislas, Komadja, et al. 2021) et de proposer ainsi des produits d'épaisseur plus fine. L'ajout de fibres diminue la densité des matériaux, ce qui permet d'obtenir des éléments plus légers. Cette diminution de la densité s'accompagne d'une diminution de la conductivité thermique et, même si celle-ci n'a pas encore pu être testée, d'une augmentation de la capacité d'absorption acoustique du matériau, des propriétés intéressantes pour le confort intérieur des bâtiments.

Le rôle des microfibrilles de cellulose
L'ajout de microfibrilles de cellulose entraîne, à la mise en œuvre, une augmentation de la plasticité du mélange et, après séchage, permet de « fixer » la matière avec un état de surface moins, voire pas du tout, pulvérulent. L'aspect des mélanges peut être lisse et fin, permettant des textures et des reliefs soignés.

Un élément à ne pas négliger : l'eau
Il a été observé que le mélange d'éléments secs avant l'ajout d'eau ou de gel de nanocellulose est plus facile à réaliser et permet une meilleure homogénéité de la préparation. L'eau contenue dans le gel de nanocellulose, qui représente 97 % de celui-ci, ne « migre » pas immédiatement pour « mouiller » les mélanges. Ils doivent donc être laissés à « reposer » quelques heures, pour que l'eau puisse s'homogénéiser correctement avant d'envisager la mise en œuvre.

La mise en œuvre et la pose
Les projets proposent des techniques de mise en œuvre simples, reproductibles et assez rapides une fois les moules réalisés. Dans ce sens, les moyens et les équipements de production de l'atelier pédagogique du master du parcours DRH, au lieu d'être considérés comme éléments réducteurs non représentatifs pour une approche industrielle, sont à examiner comme des moyens low cost permettant une production à une échelle plutôt artisanale, orientant les projets des étudiants vers des propositions bas carbone en cycle court et dans une approche d'économie circulaire.

Différentes techniques de mise en œuvre ont été utilisées pour la réalisation des prototypes : moulage, compactage (manuel ou à l'aide d'outils simples) ou projection dans des moules, moulage de plaque de terre déposée sur des gabarits en reliefs, modelage sur support, apport de relief dans la matière à l'état plastique à l'aide d'outils divers y compris des rouleaux de textures imprimés en 3D (Fig. 6 et 7), apport de reliefs sur panneaux par impression 3D. Les éléments fins de plus grandes dimensions sont armés dans leurs épaisseurs par des toiles en jute à mailles larges pour améliorer leur tenue mécanique.

Les produits qui présentent une part significative de cellulose recyclée (7 % et plus) peuvent être coupés, poncés, percés et vissés sans trop de difficultés, ce qui améliore leur ouvrabilité sur chantier. D'autre part, l'ajout d'une part importante de

Figure 6 et 7. Impressions 3D d'un rouleau à motifs pour la réalisation de relief dans la matière terre-cellulose à l'état plastique (haut) et catalogue de textures (bas).

© Ons Ben Zineb et Svetlana Maltseva.

cellulose (de 10 à 20 %) réduit significativement leur poids, ce qui constitue un élément important pour le confort et l'ergonomie du travail sur chantier.

Originalité de point de vue architectural et design
Les propositions finales, originales voir inattendues, fonctionnelles et esthétiques, rassemblent de nombreux critères pour être intégrés dans le second œuvre de nos constructions en neuf ou en rénovation. La plupart des projets offrent des pistes convaincantes de développement par leur aspect, leurs sobriétés « contemporaines », associées à l'aspect naturel et brut des couleurs et textures des matériaux produits (Fig. 8 et 9). Ils peuvent être assimilés à ce que l'architecte français Philippe Rahm (2023) qualifie de « décoration intérieure climatique », il émane en effet de leur emploi une ambiance agréable, saine, d'une douce matérialité.

Originalité de point de vue des matériaux
Il s'agit de la conception de matériaux innovants, écologiques, ayant des propriétés intéressantes pour le confort intérieur. Ces matériaux sont non conventionnels et montrent qu'il est possible de produire des solutions alternatives et vertueuses pour la construction à partir du recyclage des déchets d'autres industries. Les projets questionnent les filières et les modes de production ainsi que le cycle de vie des produits et des matériaux dont ils sont composés. L'objectif est de trouver des solutions frugales, de ne pas surexploiter de matière première ou de produire un matériau « high tech » certes performant, mais souvent énergivore et difficilement recyclable. Ils initient un apprentissage pour produire mieux, de manière plus réfléchie, liant d'une manière indissociable matières premières, modes de production et de pose, usages, notion de confort et recyclabilité.

3.2.2. Les points de vue de l'équipe enseignante

Le projet TerCel montre l'intérêt d'une collaboration étroite entre discipline scientifique sur le comportement physico-chimique des matériaux et discipline créative orientée sciences sociales, permettant ici de mettre en lumière l'échange de compétences et la synergie entre deux domaines de recherche, au premier abord éloignés, mais en réalité très complémentaires. Il s'agit d'une acculturation mutuelle entre design, architecture et science des matériaux, d'un enrichissement réciproque.

La rigueur des profils scientifiques est contrebalancée par la créativité des designers aboutissant à des prototypes techniquement très intéressants et innovant dans leurs aspects esthétiques et leurs usages. Les expérimentations réalisées ont montré qu'il était possible d'envisager des alternatives aux matériaux conventionnels utilisés en construction dans le second œuvre.

L'approche « ouverte » des designers, lors de phases divergentes d'idéation permet de rapidement questionner des pistes d'emplois de produits, de les confronter à une évaluation critique large, systémique, et de refermer les portes pas ou peu viables dans un futur opérationnel.

L'approche technique des scientifiques permet de confronter les idées des designers à des contraintes de production ou de fabrication et d'abandonner ou de corriger certaines pistes : équipement complexe nécessaire de moulage ou de fabrication, production énergivore antinomique avec l'objectif environnemental de l'exercice, etc.

4. CONCLUSION

D'un point de vue des perspectives, des caractérisations des propriétés mécaniques, acoustiques et hygrothermiques des matériaux seraient très intéressantes à poursuivre et développer. Il serait pertinent d'explorer les changements/améliorations de propriétés induites par la modification des aspects de surface ainsi que celles apportées par l'addition d'autres matériaux ou revêtements des éléments terre-cellulose.

La mise en place de ces pédagogies, qui nécessitent un engagement important, reste cependant fragile ; moyens humains, matériels et financiers sont régulièrement questionnés et remis en cause, et même si l'exercice a pu être renouvelé, après le financement obtenu la première année, sa pérennisation sous cette forme n'est pas assurée.

Le projet montre l'intérêt de l'approche, mais pose la question de la limite de l'exercice : acculturation disciplinaire entre les parties, certes, mais limitée à des pratiques et des échelles « simplifiées » par le temps disponible et les équipements mobilisables dans un tel cadre pédagogique.

L'ouverture sous forme de travaux communs avec des étudiants et enseignants d'autres disciplines est, par exemple, un objectif qu'il est important de poursuivre dans le cadre du master. Là encore, les coordinations entre établissements et l'intégration des plannings et programmes pédagogiques de chacun restent complexes.

Des suites pourraient être données, par l'engagement de recherches plus longues, comme sur des mémoires de fin d'études ou des thèses de doctorat par exemple. Mais déjà des interrogations surgissent, sur la propriété des connaissances produites, des résultats, leurs exploitations futures. Les partenaires, qu'ils soient publics ou privés, peuvent se questionner par exemple sur la question d'éventuels dépôts de brevet.

Malgré ces doutes, la méthodologie pédagogique développée pour ce projet, et d'une manière générale pour le bloc de compétences « Design & Frugalité, Matières & Matériaux », est maintenant éprouvée depuis plusieurs années par l'équipe du master du parcours DRH. Elle peut être considérée comme reproductible et applicable dans l'enseignement pour l'exploration des matériaux bas carbone destinés à la construction.

Figure 8. Projet Dominos, Appareillage à reliefs, modules moulés.
© Wiam Hatim et Erine Plantier.

Figure 9. Projet Dominos, Appareillage à reliefs, mise en situation 3 D.
© Wiam Hatim et Erine Plantier.

S'insérer dans une interdisciplinarité traduit l'évolution des métiers du designer qui pousse vers le partage et l'intégration de savoir-faire extérieurs multiples et de plus en plus variés. Il est impératif de préparer les étudiants à développer de manière constructive ces partenariats afin qu'ils ne soient pas subis, mais maîtrisés, acceptés comme le moyen d'enrichir le projet, face aux complexités des problématiques et des transitions socio-écologiques d'aujourd'hui.

Le projet pose également la question de l'apport du design dans la recherche « fondamentale » et la production des matériaux de construction : quelle est sa nature et comment peut-il s'articuler avec cette recherche, la nourrir, voire l'orienter et la guider ?

> « *Les matériaux de construction apparaissent à la fois en tant que matière, en tant que produit et en tant que concept, et traduisent une vision particulière du bâtiment, celle d'un objet pouvant être designé industriellement. Projeter cette idée dans un futur souhaitable et décarboné nécessite une reconception en profondeur, impliquant une requalification du concept de matériau de construction. Ce déplacement impacte directement la méthode à employer et la nature de la contribution du design.* » (Cotellon et Cochet, 2023)

BIBLIOGRAPHIE

Cotellon, K. et Cochet A. — C. (2023), Le design pour les matériaux de construction : qualification de la contribution du design chez Saint-Gobain, Sciences du Design 2023/2, N° 18, p. 102-118

Davril, C. (2014), Réfléchir par la matière en design. Normal Studio, Martin Szekely, Konstantin Grcic, Marges, Revue d'art contemporain, 18 I 2014, p. 51-65.

Kolb D. C., (1984), Experiential learning: experience as the source of learning and development, Prentice Hall, Englewood Cliffs, USA

Paul, S.; Islam, M. S.; Elahi, T. E. (2022), Comparative Effectiveness of Fibers in Enhancing Engineering Properties of Earth as a Building Material: A Review, Construction and Building Materials, 332, 127,366.

Stanislas, T. T.; Komadja, G. C.; Ngasoh, O. F.; Obianyo, I. I.; Tendo, J. F.; Onwualu, P. A.; Junior, H. S. (2021), Performance and Durability of Cellulose Pulp-Reinforced Extruded Earth-Based Composites, Arab J Sci Eng, 46 (11), 11153–11164.

Atelier Aïno, (2022), Ornement et performance de la terre, Livret de restitution de la recherche FAIRE Paris [en ligne], https://www.faireparis.com/data/projets_7db59/fiche/932/221018_faire_restitution_pl_15406.pdf (consulté le 10.04.2024)

OID (2019), Décryptage : Les émissions de GES liées aux rénovations légères et rafraîchissements [en ligne], https://resources.taloen.fr/resources/documents/6981_191209_OID_les_emissions_de_GES_liees_aux_travaux_de_renovation.pdf (consulté le 10.04.2024)

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Arnaud MISSE, architecte DPLG, enseignant-chercheur, équipe CRAterre/unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC)/École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG)/Université Grenoble Alpes (UGA)/38 100 Grenoble, France.
Architecte, spécialiste de la construction en terre, responsable de la thématique matériaux du CRAterre, ses travaux portent sur la place de la terre dans l'architecture contemporaine et questionnent les systèmes constructifs, les filières de productions et la circularité dans la construction. Il est également associé de l'agence NAMA architecture.

Milena STEFANOVA, designer DPEA et architecte DPLG, enseignante-chercheuse, responsable pédagogique du Master du parcours Design Résilience Habiter (DRH), École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG)/Université Grenoble Alpes (UGA)/38 100 Grenoble, France.
Architecte et designer, spécialisée dans les matériaux bio et géo sourcés appliqués à l'architecture, les aménagements des espaces et le design produits, ses travaux portent sur la frugalité des bâtiments et des objets, abordée sous le prisme des pratiques et des usages en temps de transitions. Elle est également associée de l'agence Design & Architecture.

Emma COLOMBARI, doctorante, Université Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, LGP2, 38000 Grenoble, France. Univ. Grenoble Alpes, ENSAG, AE&CC, CRAterre, 38000 Grenoble, France
Doctorante au sein des laboratoires LGP2 et CRAterre, ses travaux portent sur la conception de nouveaux matériaux cellulosiques et terre crue recyclables en architecture. Ce projet fait suite à l'obtention d'un master de chimie spécialisé dans les polymères pour technologies avancées, précédé par une licence en physique chimie.

STRATEGIES AND ACTIVITIES FOR THE VALORIZATION OF TRADITIONAL ARCHITECTURE.

Camilla MILETO, Universitat Politècnica de València, Spain (cami2@cpa.upv.es)
Fernando VEGAS LÓPEZ-MANZANARES, Universitat Politècnica de València, Spain (fvegas@cpa.upv.es)
Lidia GARCÍA SORIANO, Universitat Politècnica de València, Spain (ligarso@upv.es)

With the collaboration of: V. Cristini, B. Rakotomamonjy, S. Moriset, N. Sánchez, L. Dipasquale, S. Mecca, A. Merlo, L. Montoni, M. Achenza, A. Rivera, M. Correia, G. Carlos, A. Lima, E. Simão

SUMMARY

The Versus+ / Heritage for People project was carried out between 2019 and 2023 by the consortium of five institutions (Universitat Politécnica de Valencia, CRAterre, University of Florence, University of Cagliari, Universidade Portucalense) and was co-funded by the Creative Europe Programme of the European Union. The aim of the project has been to establish strategies for the transmission of the sustainability values of vernacular heritage and to design a series of activities to implement these strategies. The project was carried out in two pilot locations, the Mediterranean islands of Sant'Antioco (Italy) and Formentera (Spain), with the aim of reaching the maximum number of people belonging to various areas of society (administration, professionals, artisans, artists, children and young people, the general public). After carrying out 28 different activities framed in 4 strategies (research and documentation, engagement, education and dissemination), it is important to evaluate the results obtained, the people involved, the impact of some activities compared to others, the response of the different target groups, the permanence of the values at the local level. The aim of this paper is to go beyond the activities carried out in order to try to understand the scope actually obtained, possible successes and possible errors, and possible measures for correction and improvement.

INTRODUCTION

Vernacular architecture is an essential legacy for world culture, arising from the practical experience of local inhabitants. It uses materials and techniques adapted to climate and geography, reflecting deep-rooted cultural traditions, and is economically viable and environmentally friendly (UNESCO 1999). Its preservation requires the dissemination of inherent knowledge through education and creative training. Traditional architecture, in addition to bringing together all these values that we recognise today, plays an essential role in contemporary society, as it is able to teach us important principles and lessons for respectful sustainable architecture (Guillaud and Moriset 2014). The lessons of vernacular heritage for contemporary architecture have been extensively studied in the project "VerSus: Lessons from Vernacular Heritage in Sustainable Architecture (grant 2012-2792/001-001 CU7 COOP7)" co-funded by the European Union between 2012 and 2014 (Correia et al. 2014). The VerSus project, with a focus currently relevant to the scientific and technical communities, as well as to the general public, had a wide impact (with more than 10,000 downloads of the documents from the website) and international recognition (it received the European Architecture Prize. Heritage Intervention 2017 in the Dissemination Category).

Despite the significant impact of this project at the international level, it is essential that the knowledge and

awareness it provided reaches the very core of society in order to raise awareness in all areas that form the basis for the conservation of tangible and intangible heritage, as well as to promote more sustainable architecture in the future (Faro Convention 2005). For this reason, the project "VerSus+ Heritage for PEOPLE" was devised, aimed at disseminating knowledge among all sectors of society and the general public. This project pays special attention to society in general, as well as to local, regional and national authorities in charge of heritage management, including specialists and experts in architecture (architects, engineers, cultural managers, historians, ethnographers, university students, among others), together with craftspeople and companies in the construction and tourism sector, cultural and social associations, and educational institutions. The "VerSus+ Heritage for PEOPLE" project (grant: 607,593-CREA-1-2019-1-ES-CULT-COOP1) has been co-funded by the European Union between 2019 and 2023. This new initiative involves the Universitat Politècnica de València (project coordinator), the Universities of Florence and Cagliari (Italy), the association CRAterre (France) and the Universidade Portucalense (Portugal).

1. PROJECT OBJECTIVES AND METHODOLOGY

1.1. PROJECT OBJECTIVES

The project has three general objectives: to promote international relations in the field of vernacular and sustainable heritage; to apply heritage knowledge to improve the recognition of vernacular habitats; and to disseminate principles and solutions to European society by adapting them to its cultural needs, identity, quality of life and environment. From these three general objectives, four specific objectives were established: to apply a multidisciplinary methodology to analyse the state and potential of vernacular heritage considering tangible and intangible aspects, cultural and social expectations, administration and management issues; to develop creative didactic activities to transmit principles and teachings of vernacular heritage to various audiences through varied strategies and tools, with the intention that these activities will be applicable beyond the duration of the project and extrapolable to different contexts; strengthen the role of local artists, craftspeople and enterprises by giving them control over traditional techniques and materials in contemporary society, making them key agents in processes of architectural revitalisation and innovation through their promotion, valorisation and intercultural exchange; disseminate the methodology, strategies, activities and results of the project at local, regional, national and European level through various means such as presentations, lectures, social networks and publications.

1.2. LINES OF WORK

These objectives lead to the definition of four main lines of work:

1. Contribution of vernacular heritage to sustainable architecture: actions aimed at creating and increasing knowledge about the lessons of vernacular heritage and new ways of integrating these lessons into contemporary sustainable architecture.
2. Materials and art: actions aimed at developing public awareness through communicative and expressive forms related to the world of art and the manipulation of local materials and knowledge.
3. Local craftspeople and traditional building know-how: actions aimed at raising public awareness through activities that facilitate the understanding of the role of craftspeople and traditional materials and techniques in local development, as well as their applicability today for a more sustainable architecture and society.
4. Innovative communication and dissemination strategies for the improvement of audiences: activities focused on disseminating the contents and results of the project, how to reach new audiences through different strategies. In this sense the project addresses the general public, with special attention to young people, local administrations, local inhabitants, permanent or temporary residents, craftspeople and artists.

1.3. METHODOLOGY

The methodology used to achieve the proposed objectives is based on a multidisciplinary approach (architectural, historical, geographical, territorial, administrative and management, technical and constructive, artistic and creative, social, didactic), which makes it possible to outline strategies for transferring the principles and lessons of vernacular heritage to society through the design of specific activities for citizen participation, education, promotion and dissemination and their effective implementation in collaboration with the local administrations and social agents involved. In order to carry out this project, four fundamental strategies have been established which have guided all the actions developed.

1. Research and documentation: the first step in transmitting knowledge is undoubtedly to know what you want to transmit. It is therefore essential to carry out a study, research and documentation of the traditional tangible and intangible heritage and of the values and aspects that are considered important so that they can be passed on to society.
2. Citizen participation: when working in the field of tangible and intangible vernacular heritage, it is essential to involve the local population, as they are the users of this heritage, as well as the depositaries and custodians. It is therefore a question of being able to establish channels of communication with the local population, with the

administration, with specialised people working in the field of heritage, as well as with craftspeople, builders.

3. Education: Formal or informal education plays a fundamental role in the training and awareness of today's young people, who will be the pillars of tomorrow's society. The implementation of educational activities is therefore a fundamental point for the transmission of material and immaterial knowledge to the society of the future.
4. Dissemination: small, medium or large scale dissemination allows concepts, contents, activities to spread across the various branches of the scientific and common population. Networks and digital platforms nowadays allow to reach an increasingly large number of users and to have a wide dissemination at national and international level.

Based on these four strategies, a series of actions aiming at different target groups were designed: scientific, educational and training activities, field work, dissemination activities. To put the methodology and activities into practice, two concrete experiences were carried out on two small Mediterranean islands. These geographically defined environments have a valuable vernacular heritage, but are in constant change due to the demands of today's society and the pressure of tourism, contributing to the gradual loss of their heritage and traditions. These islands provide an ideal context for studying the situation and developing strategies for action. Formentera in Spain and Sant'Antioco in Italy were selected as pilot cases due to their divergent size, population and cultural characteristics, but both rich in natural and architectural heritage. (Fig. 1)

2. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ACTIVITIES

In the framework of the Versus+/Heritage for PEOPLE project, almost 30 different activities were designed and implemented. Each of them responds to one or more of the four strategies identified above. In all, scientific activities, fieldwork activities, social participation activities at local and international level, education and training activities, promotional activities for craftspeople and artists and dissemination activities have been carried out, which can be grouped into three main groups: scientific activities, festivals and tools.

2.1. SCIENTIFIC ACTIVITIES

Scientific activities are all those study and research activities, as well as training and dissemination activities that have been developed in a scientific framework and that have produced results at a scientific level. Among them, an international congress "HERITAGE 2022 - International Conference on Vernacular Heritage: Culture, People and Sustainability" (Valencia, Spain, September 2022) was organised, with the participation of 254 authors from 25 countries, the publication of the proceedings with 134 contributions peer-reviewed by a scientific committee composed of 102 leading researchers from 24 countries from 5 continents and four exhibitions related to the project themes were held. Furthermore, an international seminar "Which future for vernacular architecture & earthen architecture?" (Porto, Portugal, June 2023) was organised with the participation of more than 60 authors from 20 countries and five continents. In addition, within the framework of this meeting, a scientific workshop was organised with more than 20 international experts on the theme of the seminar, the conclusions of which have been published in the same book of the seminar proceedings. The seminar also hosted exhibitions of student work related to the project, vernacular architecture and its lessons in sustainability today.

2.2. FESTIVALS

During the course of the project, two festivals were held (the first in Sant'Antioco in Italy in April 2022 and the second in Formentera in Spain in March 2023), during which a multitude of different activities aimed at responding to the four identified strategies and targeting different audiences were developed. These activities have also employed tools that have been developed within the framework of the project. Firstly, in the two localities studied (Calasetta on the island of Sant'Antioco and the island of Formentera), vernacular architecture was documented through case studies that were digitised (with 3D laser scanners) and analysed in terms of materials and construction techniques and relationship with the place and the territory. Parallel or subsequent to this data collection, both in Calasetta and in Formentera, a didactic workshop

OBJECTIVES
1. promote, strengthen and expand international and transcultural relations
2. apply knowledge from the fundamental lessons and principles of vernacular heritage
3. disseminate the principles, techniques, and solutions of vernacular heritage in European society
LINES OF WORK
1. Vernacular heritage contribution to sustainable architecture
2. Local materials and art
3. Local craftspeople and traditional construction knowledge
4. Innovative communication and dissemination
STRATEGIES
1. Research and documentation
2. Community engagement
3. Education
4. Dissemination

Figure 1. Objectives, lines of work and strategies of Versus+ / Heritage for People project.
© Versus+ Project.

was organised with students from the architecture schools of the University of Florence, the University of Cagliari and the Universitat Politècnica de València. During these workshops, the students learned from the tools and methodologies for the documentation of tangible and intangible vernacular heritage, to the enhancement of vernacular heritage, the design of new uses and the design of didactic tools and games. Two workshops were also organised with students from the various universities, using the Versus methodology for both the analysis of traditional architecture and the use of these principles of sustainability in both restoration and new construction projects. (Fig. 2)

On the other hand, before and during the festivals, interviews were conducted with local craftspeople and artists who work in the traditional techniques of the place or who work from an artistic perspective on the relationship between the territory and sustainability. These interviews served to learn about the local tradition and its future prospects. Thanks to these interviews, we had the opportunity to meet craftspeople and artists with whom various workshops were held to learn about local techniques (dry stone) and traditions (fishing and vine farming) as well as to reflect on the relationship between the place and the environment (recycled art workshop). Some of these craftspeople and local artists also participated in the international exhibition which, following an international call, has been able to disseminate the work of 28 artists whose work was exhibited in Formentera in the art and craft centre. Thanks to the work of a panel of renowned experts, prizes were awarded to the works that best responded to the questions posed in the call for entries. In the creative sphere, a digital exhibition was also organised, which constitutes a digital art interpretation of the tangible and intangible vernacular heritage, a review of values and concepts from the perspective of contemporary digital art. (Fig. 3)

During the two festivals, game sessions have been organised with the local community using the game tools designed for Calasetta and for Formentera, favouring the dissemination of the vernacular architecture and its values, as well as the project in the two localities. Finally, during the festival in Formentera, a series of 10 short talks were held open to the public on the island to allow for an exchange of opinion and debate between local and external experts and local inhabitants. The topics covered were wide-ranging and ranged from knowledge of the island's heritage aspects to the management of vernacular heritage at the local level, including strategies and tools for education and social participation, strategies for disseminating vernacular heritage, experimentation with traditional materials in contemporary architecture.

Figure 2. Some images of the activities developed during the Versus+ Festivals held in Calasetta, Italy (April 2022) and Formentera, Spain (March 2023).
© Versus+ Project.

2.3. TOOLS

As a result of the project, several tools have been designed, implemented and used to address education, social participation and dissemination strategies. These are digital and traditional tools that, although adapted to the specific locations of the pilot cases, can be used in other contexts.

Firstly, a collaborative digital tool has been designed, open to the public and free of charge: a WebApp, which allows cases of tangible and intangible vernacular heritage, as well as newly built architecture and cultural landscapes, to be entered and analysed on the basis of the principles of the Versus project. The database, a repository of cases that can be consulted at any time, may be used as a didactic tool to analyse or find cases for each of the sustainability parameters. Other than being a repository, above all this tool has a clear teaching applicability as it may be used in courses, seminars, workshops, visits. (Fig. 4)

On the other hand, two types of didactic games were designed. On the one hand, there are four digital games that allow learning about the place, in the specific case of Calasetta on the island of Sant'Antioco (Italy), by interacting with the architecture, traditions and people. There are four virtual games that can be played alone in the place in such a way that the user has to interact with the tangible and intangible heritage in order to progress. Moreover, based on the traditional game of the 7 families, has designed a game of seven families that are related to the seven landscape units of the island of Formentera. In each family and therefore for each landscape unit, the cards illustrate the landscape, architecture, construction techniques, materials and places of extraction and production of materials. Through this card game, aimed at the general public, you learn the relationship between landscape, materials and architecture, in addition to the place names of the island. Applied to the cultural heritage of Formentera, it was also designed the game "CONTAHISTORIA", aimed at an audience of early childhood who can learn to count and measure by wooden rulers on drawings of local heritage buildings such as cisterns, lighthouses, churches. (Fig. 5)

Secondly, a number of scientific and dissemination publications were produced. Among the scientific publications, in addition to the proceedings of the International Congress mentioned above (Mileto et al. 2022), the book "HERITAGE FOR PEOPLE. Sharing vernacular knowledge to build the future" (Dipasquale et al. 2023) analyses the four strategies for the transmission of knowledge about tangible and intangible vernacular heritage defined by the project (research and documentation; citizen participation; education; dissemination) and provides numerous examples of good practices in each of them. In order to inspire university, secondary and primary school teachers, as well as cultural managers, with possible didactic and social participation activities, the booklet "Versus Plus / Heritage

Figure 3. Photos of the interviews with local artisans and artists (left) and exhibition of artistic works (right).
© Versus+ Project.

Figure 4. Images of the WebApp developed for the project Versus+ / Heritage for People (https://heritageforpeople.unifi.it).
© UniFi.

Figure 5. Images of the 7 Families Game developed for the project Versus+ / Heritage for People.
© Versus+ Project.

Figure 6. Covers of the books published within the framework of the project and freely downloadable from the project's web site Versus+ / Heritage for People (www.versus-people.webs.upv.es).
© Versus+ Project.

for Peolple. Educational tools to transmit heritage values" (ENSAG- CRAterre 2022) was published, which gathers twenty examples of didactic or citizen participation activities that work with different types of audiences, different scales of tangible and intangible vernacular heritage and the fifteen principles of sustainability (environmental, socio-cultural and socio-economic) defined in the Versus project. (Fig. 6)

Finally, it should be noted that the project website (www.versus-people.webs.upv.es) contains, in addition to the objectives and methodology and the most important results, all the tools designed that can be downloaded free of charge so that they can also be used on other occasions and in other places. In the same way, the results have been disseminated through social networks such as Facebook and Instagram. All the videos of the interviews with artists and artisans carried out during the project have been made available on the project's YouTube channel to document, disseminate and highlight their work. The activities carried out in the two festivals, as well as the interviews with the artisans and artists have been documented through videos that illustrate the wide variety of activities and audiences that have been part of this project. A final video of the project has also been made, explaining the overall objectives, methodology and results.

3. EVALUATING THE RESULTS

After carrying out 28 different activities framed in 4 strategies (research and documentation, engagement, education and dissemination), it is important to evaluate the results obtained, the people involved, the impact of some activities compared to others, the response of the different target groups, the permanence of the values at the local level.

3.1. PARTICIPATION IN ACTIVITIES

Firstly, it should be noted that the activities developed throughout the project have been designed to target 11 different target groups. Not all activities were aimed at all 11 groups as each activity is designed to reach different skills, knowledge or awareness. Specifically, the following number of activities have been addressed to each group: 20 for university students, 5 for children and 8 for young people, 10 for local authorities and architectural heritage professionals, 22 for researchers, 11 for craftspeople and 12 for artists, 7 for migrants, 8 for tourists and 11 for the general population.

The participation of these groups in the activities carried out in each pilot case has been different depending on the activities and the locality for reasons linked both to the time at

	KNOWLEDGE TRANSFER STRATEGIES				TARGET GROUP										
	1. Research and Documentation	2. Engagement	3. Education	4. Dissemination	uni. students	children	Young people	authorities	professionals	researchers	craftspeople	artists	migrants	tourists	general pub.
CONFERENCE AND SEMINARS															
International Conference	•		•	•	•					•					
Conference proceedings	•			•						•					
Conference exhibitions	•			•	•					•					
Scientific Seminar	•		•	•	•					•					
Scientific workshop	•			•						•					
Seminar proceedings	•			•						•					
FESTIVALS															
Architecture documentation	•				•					•					
Craftpeople interviews	•	•								•	•				
Artists interviews	•	•								•		•			
Seminar Formentera (Talks)	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•		•	•
Didactic Workshop Calasetta	•	•	•	•	•					•					
Didactic Workshop Formentera	•	•	•	•	•					•					
Art and craft call		•		•								•			
Art and craft exhibition		•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Art and craft award				•							•	•			
Dry Stone workshop		•	•		•				•	•	•	•	•	•	
Recicled Materials workshop		•	•		•	•	•				•	•	•	•	•
Versus workshop	•		•		•										
TOOLS															
Web App	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•			•
Website				•	•		•	•	•	•	•	•			•
Instagram /Facebook				•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Youtube Channel	•			•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•
Digital interactive games		•	•	•	•	•	•								•
7 Families game		•	•	•		•	•						•	•	•
Booklet				•	•			•	•	•					
Book	•			•	•			•		•					
Videos				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Digital exhibition				•	•			•	•	•					•
TOTAL	16	12	11	22	20	5	8	10	10	22	11	12	7	8	11

Figure 7. Table showing the 4 strategies, the 28 actions and the 11 groups of people proposed in the project.

which they took place (for example, in the period immediately following the pandemic) or the idiosyncrasies of the place (local festivals, pressure from tourism, small numbers of people, etc.). Specifically, in the case of Formentera, the participation of the local administration has been very active, while it was less in the case of Calasetta, but on the contrary, in Calasetta there was greater participation of cultural and social associations compared to Formentera. On the other hand, the participation of researchers and university students was very satisfactory in both cases, but there was very little interaction with children and young people, despite having contacted all the schools on both islands. This lack of interaction was possibly due to the fact that the project was largely carried out during the pandemic period, when schools did not allow extracurricular activities. On the other hand, both in Formentera and Calasetta there has been a very good collaboration on the part of artisans and artists who agreed to conduct interviews, videos and even workshops and demonstrations. The participation of international artisans and artists in the call for the exhibition has also been remarkable. (Fig. 7)

3.2. SATISFACTION WITH THE ACTIVITIES UNDERTAKEN

In order to be able to analyse the satisfaction of the people involved in the project, a questionnaire has been carried out for the different sectors of the project participants: researchers, students, artists and craftspeople and the public administration. The questionnaire was carried out by computer and the questions asked were very simple and specially designed for each sector of the people involved. The students were asked whether the activities carried out in the project had helped them to understand and appreciate vernacular architecture, which of the activities had made them learn more and why, and whether these activities had favoured interaction between students and between students and teachers or researchers. Artists and craftspeople were asked which activities they had participated in, whether the activities had contributed to making their work known and appreciated, and whether these activities had favoured fruitful interactions with researchers, students and local administration. Researchers were asked whether the project has created moments of interaction and lasting collaboration with other researchers in the project, whether it has succeeded in creating interaction with the local context and whether these activities have favoured the establishment of fruitful interactions with researchers, students and local administration. Finally, people from the local administration were asked whether and how the project has contributed to the knowledge and enhancement of the island and its traditional architecture, whether the activities carried out have served to promote new strategies for the management of local cultural heritage, and whether these activities have helped to create new relationships between researchers, professionals and the administration itself.

The response has not been homogeneous in terms of participation, although sufficient to have a minimum of feedback on the results of the project. Specifically, 55% of the responses were provided by the researchers involved, 20% by artists and craftspeople, 20% by students and 5% by the public administration. The percentage of responses from university students was lower than expected, but this may be due to the fact that this is a changing population, which has not maintained a direct relationship with the project beyond participation in specific activities. On the contrary, the response of the university students has been 100% positive regarding the activities carried out and their formative capacity and the interaction both at international level between people from different countries, as well as between students and researchers. The students have especially valued the practical activities such as the workshop of study and survey of the buildings on the site, the workshops of dry stone construction and the didactic games carried out during the festivals and especially the game of the 7 families highlighting that it has been useful to learn about vernacular architecture, its relationship with the territory and its values.

The responses of the researchers involved in the project have also been mostly positive in terms of the activities carried out and the exchange with other people at international level. Regarding the results achieved in the project, 54.5% of the respondents were of the opinion that they have been fully achieved and the rest that they have been partially achieved, having lacked a better relationship with the local society, especially schools and citizens' associations. The response of the artists and craftspeople involved in the project was more complex. On the one hand, it should be noted that the participation of local artists and craftspeople in the survey was rather low, perhaps due to the medium used for the survey. 100% of the people who answered the questionnaire had participated in the exhibition of works and all of them answered that this activity was very positive in terms of making their work known and visible. On the other hand, those who were not able to attend the exhibition in person said that they did not have the interaction with the local reality or with the project's researchers that they had expected and that language was a barrier to their integration. Finally, the respondents belonging to the local administration said that the project has been useful for raising awareness of the island's heritage and vernacular architecture and for getting new ideas and stimuli for the management of local heritage, but that at the same time it would be necessary to develop more work at the local level, such as involving a greater number of artisans in the activities.

CONCLUSION

The Versus+ / Heritage for People project lasted four years, from October 2019 to September 2023. The project aimed to broaden interaction with the local reality by highlighting the tangible and intangible vernacular heritage of two pilot

projects, the islands of Formentera and Sant'Antioco. The planned activities, mostly educational and awareness-raising activities that require direct contact with people, were affected by the pandemic until the end of 2021, so they had to be readapted not only in terms of date but also in terms of methodology and type of activity. Fortunately, during the second part of the project (2022 and 2023), most of the activities could be implemented. The adaptations made using virtual and digital media have been partly positive as they have forced to explore other ways of thinking about training, awareness raising and dissemination activities. But despite expanding the possibilities for people's participation at a distance, activities involving direct interaction between people, carried out on site and with their hands are still the ones that leave the greatest impression on people.

On the other hand, despite all the efforts made to interact with local society, there has been little interaction with schools and institutes, highlighting the difficulty of these initiatives entering into formal education due to the complexity of involving teaching staff in an activity that requires extra time and energy and due to the rigidity of the educational system and the programmes that have to be fulfilled. Finally, it is important to highlight the importance of continuing to work at the local level to enhance the value of both tangible and intangible heritage. However, it would be desirable that the initiatives, in addition to involving the local administration, artisans, artists and professionals, should come from the local population themselves, so that ideally it would be possible to work on training or strategic information for the local population to encourage their empowerment. The activities carried out in the project are not intended to replace this local initiative, but rather to provide reflection, examples of good practices, possibilities and strategies that can be useful both for the pilot cases and for other environments.

BIBLIOGRAPHY

Correia M., Dipasquale L., Mecca S. (eds.) (2014). *Versus: Heritage for Tomorrow. Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*, Florence University Press, Florence

Dipasquale L., Mecca S., Montoni L. (eds.) (2023). *Heritage for people. Sharing vernacular knowledge to build the future*, DIDA/ European Union, Florence

ENSAG-CRAterre (eds.) (2022). *Educational tools to transmit heritage values*. Versus Plus Heritage for People, CRAterre/European Union, Grenoble

Faro Convention (2005). *Convention on the Value of Cultural Heritage for Society*, <https://coe.int/en/web/culture-and-heritage/faro-convention> (07/2023)

Guillaud H., Moriset S. (2014). *Versus. Lessons from Vernacular Heritage to Sustainable Architecture*, CRAterre/European Union, Grenoble

ICOMOS (1999). *Charter on the Built Vernacular Heritage*, descargable online

Mileto C., Vegas F., Cristini V., García-Soriano L. (eds.) (2022). *Vernacular Heritage: Culture, People and Sustainability*, Universitat Politécnica de Valéncia, Valencia

UNESCO (2003). *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*, https://ich.unesco.org/en/convention (07/2023)

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Camilla MILETO holds a PhD in architecture and is a full professor at the Universitat Politècnica de València. She has been a guest lecturer and has lectured at several universities and has received international awards for her work. Among others, she has developed restoration projects for the Alhambra in Granada and for Gaudí's Finca Güell in Barcelona. She is co-editor of Loggia magazine and has published extensively on architectural heritage.

Fernando VEGAS holds a PhD in architecture and is a full professor at the Universitat Politècnica de València. He has been a visiting professor in Argentina, Italy and the United States and has lectured at various institutions and universities in these and other countries. He is co-editor and founder of Loggia magazine and has extensively published books and articles on architectural heritage.

Lidia GARCÍA SORIANO holds a PhD in architecture and teaches at the School of Architecture of the Universitat Politècnica de València. Her professional and research activity revolves around architectural heritage, in general, and earthen architecture and traditional construction techniques, in particular, as well as the study of restoration criteria and techniques. She is a member of ICOMOS Spain, ICOMOS-ISCEAH and the Ibero-American network PROTERRA.

CHULLPAWAWA: EL ARTE AYMARA DEL TEJIDO DE LA TIERRA.

Pacha Yapucha YAMPARA BLANCO, FAADU-UMSA/ YAPU TIERRA Bolivia (pyampara.bl@gmail.com)

RESUMEN

Las técnicas constructivas con tierra muestran una gran sabiduría tecnológica, las chullpas sin duda son una de ellas, torres funerarias que fueron construidas por los aymaras hace más de mil años y que permanecen en pie a pesar de las condiciones climáticas extremas de la región. Estas construcciones representan la materialización de la espiritualidad del pueblo *qulla*, quienes tenían un profundo respeto por la vida y consideraban que la muerte no era el fin de la vida, sino una continuidad a la misma. Gracias a la hegemonía de la lógica mercantil capitalista coadyuvado por el desarrollo y progreso moderno de lógica urbano-centrista, las chullpas son ignoradas y olvidadas, a pesar de la alta tecnología ecológica, del gran contenido simbólico que presentan. Tristemente hoy vemos que van desmoronándose y esto se traduce como la pérdida de una sabiduría ancestral de gran valor cognitivo. Este trabajo pretende mostrar el inicio de la comprensión de la técnica constructiva presente en las chullpas mediante prácticas realizadas con estudiantes de arquitectura después de 500 años, para que se vislumbre la sabiduría ancestral arquitectónica, ingenieril que tenían los aymaras y esto coadyuve no solo a la conservación de las mismas, sino a generar propuestas de renovación de la técnica.

1. INTRODUCCIÓN

El territorio altiplánico alberga muchas estructuras arquitectónicas, estas presentan una variedad de técnicas constructivas con tierra, piedra entre otros, que no han sido estudiadas y catalogadas. Las chullpas son una familia de tantas estructuras existentes, las hay de piedra, tierra, incluso de coral.

Las chullpas son torres funerarias que albergan a los muertos, según los registros arqueológicos datan del periodo intermedio tardío, fueron desarrolladas por los señoríos aymaras dejando el legado a las siguientes culturas: mollos e inkas. Lastimosamente en el periodo colonial se prohibió su construcción y cualquier relacionamiento convivial con estas estructuras, por considerarlo bárbaro.

En el altiplano, se puede observar chullpas dispersas a lo largo del territorio, algunas se ubican muy concentradas, a estos sitios se los conoce como *tamachullpas*: grupo de chullpas, en otros casos están alejadas y su presencia suele pasar desapercibida en el territorio. Sin duda, la ubicación de cada una es importante. En muchos casos, desde estos lugares se observan los *apus*, cerros tutelares guardianes del territorio, otras se ubican cercanas a ríos y otros hitos notables.

En este artículo explicaremos la aproximación a la técnica y sistema constructivo de las chullpas de tierra a partir de experimentaciones que iniciaron visitando los sitios sagrados

donde se encuentran las chullpas para reconocer su existencia e iniciar la comprensión de cómo se construyeron.

Fue un gran desafío y aprendizaje el tratar de reconstruir las chullpas o un pedazo de ellas después de 500 años de prohibición: antes de este artículo no se había experimentado la técnica desde el punto de vista arquitectónico. En la primera experiencia se enfrentó la reconstrucción a escala, en la segunda experiencia la dificultad fue la generación del tejido de las piezas chullpawawas. El trabajo no concluye con estas experiencias, se espera seguir experimentando para profundizar el conocimiento de la técnica constructiva.

2. PROBLEMATIZACIÓN

La arquitectura de tierra en la actual Bolivia tiene una variedad rica en técnicas constructivas, sin embargo, a pesar de su presencia es ignorada y encubierta. Como ejemplo inmediato, si se observa con atención la ciudad de La Paz (capital gubernamental) se encuentran edificios con dos técnicas constructivas predominantes como tapia y adobe, pero lastimosamente quedan encubiertas por los grandes y muchas veces coloridos edificios que las opacan. Si se amplía la mirada al área rural el redescubrimiento de técnicas constructivas con tierra es más fascinante.

Una de ellas es la técnica constructiva que se observa en las chullpas, hasta la actualidad es desconocida para muchos, en otros casos se confunde y se quiere homogeneizar indicando que se trata de adobes o tepes, otros indican que se trata de tapia por el espesor que presenta. A todo ello, se suma que estas estructuras no son valoradas por la sociedad, principalmente por las personas que viven cerca a estos sitios, muchas veces son violentadas, generando pérdidas de material por frotamiento de animales, extensión de cultivos, incluso los utilizan como baño público, lo que hace comprender que no valoran su patrimonio.

Por otro lado, desde la academia poco o nada se habla de ellas, algunas iniciativas no tienen apoyo, mucho menos desde el estado ya que en la actualidad, el ministerio de cultura, quien debería resguardar este patrimonio único a nivel mundial, solo es un ente supervisor y fiscalizador del patrimonio. Todo ello, desencadena una pérdida de la sabiduría constructiva, de un conocimiento milenario y de una arquitectura e ingeniería de alta tecnología.

3. OBJETIVOS

Compartir la experiencia vivencial de aproximación del trabajo con la tierra para comprender la técnica y sistema constructivo de las chullpas de tierra, con el fin de preservar una sabiduría constructiva milenaria que en la actualidad está ignorada y encubierta, para ver los horizontes que pueda tener la técnica constructiva.

4. METODOLOGIA

Este artículo es la continuación a investigaciones anteriores, en particular desde la visión arquitectónica para comprender la técnica constructiva junto a los estudiantes de la carrera de arquitectura.

Las chullpas han sido olvidadas muchos años, a pesar de la ubicación cercana a la ciudad de La Paz y El Alto, varios estudiantes de arquitectura no conocían su existencia. Por ello fue importante ir a los lugares donde estan emplazadas, conocerlas y analizarlas.

Se realizó la visita a dos sitios de chullpas : Kulli Kulli y Cóndor Amaya con el grupo de estudiantes de la materia optativa Culturas Constructivas con Tierra de la FAADU de las gestiones 2022 y 2023. En la visita cada grupo de estudiantes registró varios datos, relacionado a los espesores de "muro", alturas aproximadas, pero principalmente tratar de entender la técnica constructiva para aproximarnos a comprender el sistema constructivo, allí también se evidenció la utilización de materiales de la región como tierra y paja.

En 2022 los grupos de estudiantes se enfocaron en comprender el sistema constructivo, en el sitio de Kulli Kulli se pudo observar algunas piezas de chullpawawas, las cuales fueron referencia para replicar a escala esta técnica y sistema constructivo. Este trabajo fue realizado a escala 1:10 con diversidad de posibilidades para el uso de fibra a escala, se utilizó hilo de cáñamo, paja remojada y machucada, fibra de coco, algodón, hilo de coser, y tierra arcillosa para modelar las piezas de chullpawawa.

En 2023 los grupos de estudiantes se enfocaron en aproximarse a la técnica constructiva, en ambos sitios se pudo constatar que la técnica no presentaba sizas o espacios entre piezas e hiladas, lo que hizo comprender que era una técnica trabajada con piezas en fresco, también se observó la presencia de formas enrolladas entre las hiladas, aspecto que fue un gran orientador para replicar la pieza de chullpawawa a escala real. Cada grupo realizó sus pruebas de aproximación y experimentales, todos trabajaron con paja y mucilago de hoja de tuna, la diferencia fue la tierra arcillosa, la cantidad de tierra y paja, la cantidad de agua y el tamaño de las piezas elaboradas.

Es importante mencionar que estas dos actividades fueron las iniciales y primeras reconstrucciones después de 500 años, destacando que en tiempo de la colonia se prohibió construir estas edificaciones, razón por la cual quedaron en el olvido y actualmente se ignora el sistema y técnica constructiva, incluso su existencia. Al tratarse de las primeras aproximaciones prácticas para entender la técnica, se han detectado algunas falencias, pero se tiene previsto generar nuevas experimentaciones más controladas y también ver las posibilidades de replicar la técnica contemporáneamente.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. CHULLPAS

Las chullpas se ubican por todo el altiplano central, lo que antiguamente se conocía como el territorio *Qulla* de los señoríos aymaras. Estas estructuras datan del periodo intermedio tardío 1000 al 1450 con la llegada de los españoles, dataciones de C14 han demostrado que la tradición se extiende desde este período hasta el principio del periodo colonial, dando una continuidad por más de 400 años (Delaveris et. Al. 2019, p.303).

Las chullpas son espacios que albergan a la muerte, también se conocen como torres funerarias y estaban destinada a personajes de gran prestigio. En cuanto a la forma existen de bases angulares y redondas, Pärssinen y Kesseli (2005, p.82) mencionan que, desde estudios arqueológicos, se ha evidenciado que estos monumentos mortuorios miden de 1,5 a 8,0 m de altura, aunque otros investigadores indican que encontraron hasta de 12 m de alto.

Esta práctica de entierros y momificación de cuerpos se puede explicar como una evolución local desde los patrones funerarios Tiwanaku más tempranos hasta la época Inka donde se evidenció esta práctica gracias a las crónicas de Guaman Poma de Ayala. Tenían dos finalidades: a) el manifiesto y respeto hacia los muertos, personajes importantes como *mallkus*, *jilakatas*[1], b) funcionaba como símbolo en memoria del *mallku* muerto […] en cuanto a su funcionalidad, al encontrarse en lugar privilegiados pueden ser *wak'as* e hitos territoriales (Id. 2005, p.382)

Chullpa es un término aymara con varias acepciones: la más temprana se refiere al cuerpo muerto en posición fetal en una cesta o fardo tejido de cuerdas de paja (Fig. 1) y, como la torre de tierra o piedra albergaba a este cuerpo momificado, también se conoce como chullpa a la torre funeraria.

Este tipo de entierros sin duda trascendió a las culturas cercanas, tal es el caso de los descendientes de la cultura chinchorro, que en un inicio tenían la práctica de momificación en posición horizontal del cuerpo (considerada como las momias más antiguas) que luego evolucionan al modo aymara como se muestra en la imagen de la derecha de la figura 1, se observa el ajuar con textiles aymaras, pero con elementos característicos de la costa, lanza y cuerda de pesca, dientes de animal marino como ornamento para la momia.

1. Autoridades originarias del territorio andino, el jilakata es a autoridad del ayllu, el mallku es la autoridad del suyu

Figura 1. Chullpa aymara en museo cerámico de Tiwanaku Bolivia y Chullpa de descendencia chinchorro en Museo de Azapa Chile.
© Pacha Yampara Blanco 2023.

5.2. COSMOLOGÍA ANDINA Y LAS CHULLPAS

En la lógica andina, para los qullanas[2], aymaras, quechuas, todo tiene vida y todo en la vida es *ayni*: reciprocidad biótica. Se comprende que nosotros como seres humanos solo somos un mundo más de los otros con quienes convivimos y coexistimos. *Jaqi*: es el mundo de la gente, una persona es *jaqi* cuando se empareja lo que actualmente se conoce como la consagración en matrimonio. El ser jaqi se relaciona con el mundo *uywa* o de los animales, con el mundo *yapu* o de los vegetales y el mundo *japhalla* o de las deidades y *w'akas* tutelares. Estos cuatro mundos habitan en el *uraqpacha* o mundo de la tierra.

Cada uno de estos mundos de relaciona en tiempos-espacios específicos entre distintos mundos o entre un mismo mundo. Tal es el caso de la relación con los muertos del mundo *jaqi*. Esta relación se genera entre el equinoccio de primavera y el solsticio de verano, la fecha es el 1, 2, 3 de noviembre, que actualmente se conoce como *amaypacha*: tiempo espacio de los muertos (Fig. 2)

En la cosmología andina todas las acciones tienen una dimensión material y espiritual, es parte del *suma qama qamaña*[3], paradigma cosmobiótico convivial de los andinos. La convivencia con las chullpas fue una de ellas, donde las personas con vida en este mundo material preparaban un festín para compartir con sus seres queridos quienes se fueron al wiñay pacha: tiempo eterno, espacio espiritual.

Se dice que era una tradición sacar a los cuerpos momificados o chullpas de sus torres funerarias para compartir con ellas. Esta acción les pareció tan bárbaro a los colonizadores que prohibieron cualquier tipo de actividad relacionada a las chullpas, cualquier persona que continuara con la práctica de compartir con el cuerpo momificado o la construcción de las chullpas, era asesinada. Desde entonces, los aymaras disfrazaron la práctica de compartir con sus muertos en tiempo del *amaypacha* modelándolos en pan[4] a semejanza de sus seres queridos finados, práctica que pervive hasta el día de hoy, estas piezas se denominan en aymara *t'antawawa*: niños de pan (Fig. 3).

2. Gentilicio ancestral que se da a los habitantes de lo que fue el gran qulla-suyu, uno de los suyus del Tawantinsuyu.

3. Termino que fue acuñado por el sociólogo Simón Yampara Huarachi, que desde los 70's viene trabajando reflexiones respecto al paradigma civilizatorio ancestral.

4. Antiguamente se realizaban en quinua, un grano de la región que se utiliza en la gastronomía, y en tiempos de la colonia se adopta el trigo para realizar el pan. Seguramente para menor sospecha de los colonizadores.

Figura 2. Calendario andino donde se ve que las fiestas ancestrales coinciden con fechas astronómicas importantes.
© Pacha Yampara Blanco en base a Simón Yampara actualizado 2024.

Días previos al *amaypacha*, varias familias sobre todo de barrios más populares van a los hornos comunes a modelar sus *t'antawawas*, otros los preparan en los hornos de casa. Muchas personas desconocen el significado de las *t'antawawas*, una de las razones para que esta práctica esté en proceso de pérdida, otra es gracias a la religión católica, cristiana u otra que rechaza esta práctica cultural.

Figura 3. Chullpa hombre y mujer junto a t'antawawas o niños de pan.
© ayllupacha ajayu 2022.

Por otro lado, Yampara, S. (2016, p.142) hace referencia al viaje del *jaqi* a la /en la pacha, va desde la consagración ritual de la pareja humana conocido como *jaqicha*, de donde nace la *wawa*: criatura recién nacida o bebe, estos vas creciendo y pasando de etapa en etapa hasta llegar a ser *achachila*: abuelo y *awicha*: abuela, estas personas son consideradas sabias por toda la experiencia y sabiduría que llevan, una vez "muertos" continúan el viaje hasta ser parte del *tata inti*: padre sol y *p'axsi mama*: madre luna.

Las chullpas están íntimamente relacionadas con las casas en el altiplano, (Yampara, P. 2023) menciona que la configuración de la vivienda ancestral del altiplano presenta tres macro espacios: a) *uta manqha* o casa adentro, b) *uta taypi* o centro de la casa y c) uta anqa o entorno y contorno de la casa. La casa adentro se compone por el *muruqu-taru uta*, casa de base circular y cuadrangular. El muruqu uta o casa de base circular es un elemento particular, en la cubierta presenta una bóveda interna y por sus muros curvos se asemejan al vientre materno. Además, se conoce (por experiencia propia en la infancia) que en este espacio vivían y dormían todos juntos, mamá, papá hijos e hijas, metafóricamente se comprende que compartían un útero materno.

Así, se reflexiona que los aymaras venían en posición fetal en el vientre de las madres a este mundo material a vivir en el *muruqu uta*, espacio que alberga la vida y se iban al *wiñaypacha* o tiempo eterno-espiritual en la misma posición fetal en un saco hecho de paja, fibras naturales y "vivían" o permanecían en las chullpas. En el interior también cuentan con una bóveda interna (Fig. 4). De esta manera el viaje se puede visualizar plasmado en la arquitectura.

5.3. RELACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS DEL ALTIPLANO

En el altiplano existen varias técnicas constructivas con tierra, una de las más antiguas por estar presente en el pueblo milenario Uruchipaya es la ch'ampa o el tepe, también conocida en otros territorios como tierra cortada. A diferencia de la técnica presente en las chullpas, las ch'ampas son bloques de tierra húmeda a seca que se cortan del suelo con un azadón, es visible las sizas secas que presentan los muros de la técnica y la presencia de la raíz del pasto que contiene en un sentido.
Por otro lado, en las casas Uruchipayas se visualiza otra técnica particular conocida como tajta, parecido a unas lonas, pero de barro. Se realizan tendiendo paja esparcida al azar y sobre ella va una cama de tierra arcillosa en estado viscoso (De la Zerda, 1992, p.78) menciona que en lengua chipaya se denomina wara, se fabrica en el suelo, esta lámina es de arcilla y paja. Luego se pisa para que agarre mayor resistencia.
La forma de traslado es en fresco o húmedo, enrollada en palos largos o cortada en pedazos pequeños trapezoidales o rectangulares que calzan a la cubierta para adaptarse a la forma de la estructura de la cubierta.

5.4. RELACIÓN CON LA FAMILIA DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA

Las técnicas constructivas con tierra presentan cinco estados de la tierra según Wilfredo Carazas y se clasifican en función de la plasticidad del material tierra respecto a su aplicación en obra: seco, húmedo, plástico viscoso o incluso líquido (Gatti 2012, p.22). En la plasticidad o estado plástico se encuentran las técnicas de moldear, amontonar, que son las más afines con la técnica de las chullpas.

En la técnica de moldear, esta se hace con la mano para levantar muros, es la expresión de la manualidad del hombre, que no necesita herramientas. A diferencia de la anterior, el amontonar es una variante generando bolas o panes de tierra moldeados con la mano (Ibíd. 2012, pp. 28-29).

A estas técnicas que trabajan en estado plástico en Latinoamérica se denominan tierra modelada, apilada, amasada entre otras. Se caracteriza por utilizar tierra hidratada y reposada con una consistencia similar a la que se emplea para hacer adobes. Se pueden generar piezas del material manejables y se modelan cúmulos casi esféricos de 10 a 20 cm de diámetro (Guerrero 2020, p.145).

Figura 4. Utas que albergan a la vida y continúan el viaje con las chullpas que albergan a la muerte.

© Pacha Yampara Blanco, actualizado 2023.

Figura 5. Piezas de ch'ampa o tepe, lámina de tajta enrollada.

© Pacha Yampara Blanco 2022 y 2023.

La preparación en bolas o cúmulos facilitan en la construcción, se elaboran previamente y deben estar protegidos. La forma de aplicación es arrojarlas con fuerza sobre la cimentación o las capas inferiores, asentándolas para formar hiladas que se ligan por su propia humedad, sin necesidad de usar mortero aglutinante. Al irse secando el material, se golpea con la mano, apisona con el pie o con una herramienta de madera para densificarlo y hacer una masa continua que se transforma en un estrato que quedará adherido al resto de la construcción, conformando componentes monolíticos. (Guerrero 2020, p.146).

Otra variante es el barro húmedo que explica Minke: en esta técnica húmeda como él la denomina, se emplea para la construcción de muros, barro plástico sin mortero a diferencia del adobe que se coloca con mortero. Las piezas se unen mecánicamente a través del compactado, pegado, apretado o lanzado. (Minke 2005, p.87) al ser muy libre su aplicación sin moldes, se pueden generar muros curvos o de geometrías libres, al utilizar bolas de barro cada hilada traslada la anterior (Fig. 6) en muchos casos también se puede revestir.

Los panes de barro son otra variante que se ha trabajado en Alemania (Minke 2005, p.90) lo particular es el aplastado casi central que se hace con los dedos en las caras exteriores para mejorar la adherencia del revoque que viene encima. De esta manera y con otras variantes y nombres se ha trabajo la técnica con tierra en estado plástico.

La experiencia de Minke que llama la atención es la del Stranglehm, muy parecida a la técnica de la chullpawawa por la longitud (Fig. 6), pero con una forma de elaboración con herramientas más contemporáneas, se generan con un extrusor y las medidas y formas pueden variar, se pueden producir perfiles de barro plástico de 8x16 cm de sección (Id. 2005, p.90)

Otra técnica con la que se asemejan es la de las estacas enrolladas, en ellas se enrolla la tierra y fibra, una tradición constructiva de las viviendas tradicionales de Alemania y Francia, que se rellenan con la técnica denominada *wickelstaken* (Minke 2005, p. 100). Son piezas formadas con paja y barro enrollados alrededor de una estaca de madera (Fig. 6), tiene la ventaja que al endurecer casi no aparecen fisuras de retracción, como ocurría con las anteriores mencionadas más arriba.

5.5. CHULLPAWAWA

La chullpawawa es el nombre acuñado por Irene Delaveris a la técnica constructiva presente en las chullpas, ella recogió el nombre gracias a la oralidad en la comunidad Kulli Kulli quienes comunicaron que jugaban con las piezas como

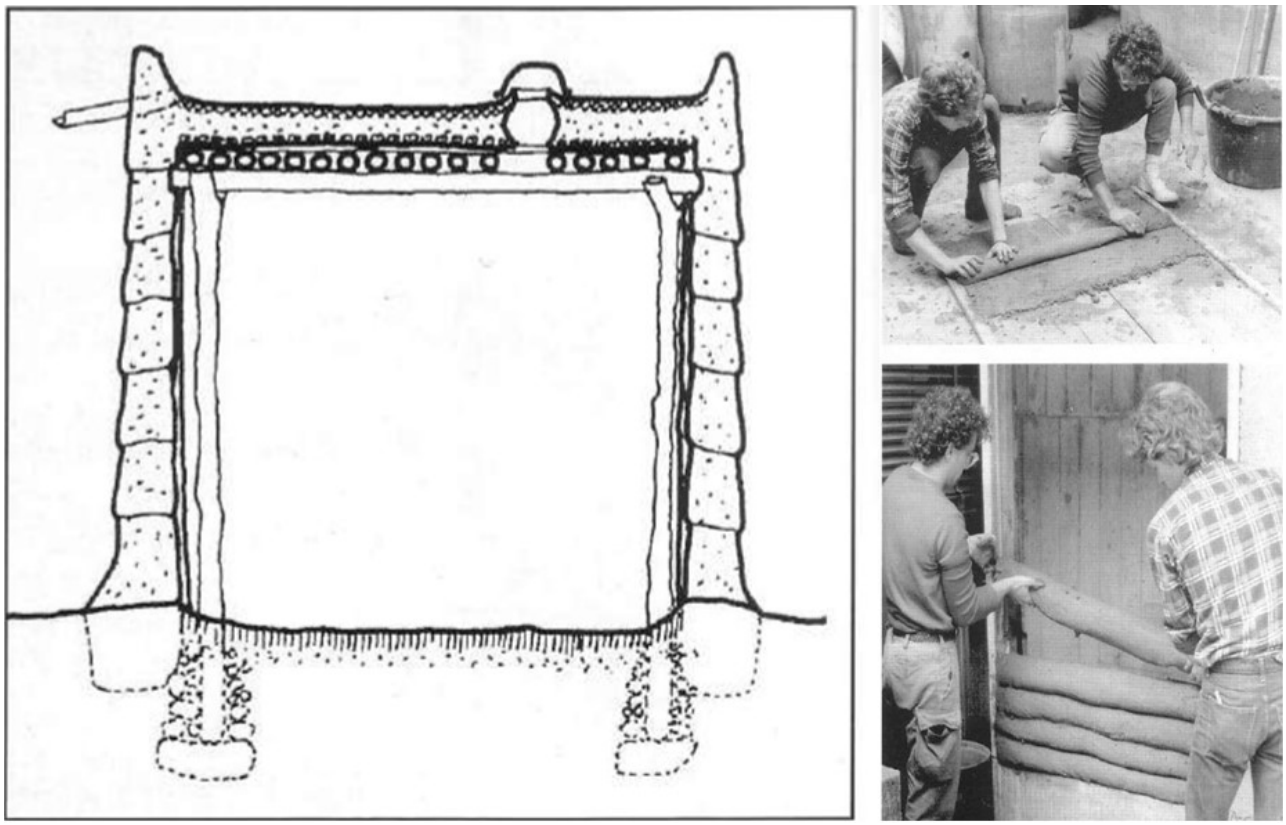


Figura 6. Sección de vivienda típica en Ghana., interpretación según Schreckenbach y perfiles de barro extruido y elaboración de wickelstaken.
© Gernot Minke 2005.

si fueran *wawas*: bebes. (Delaveris et.al 2019, p.311). El denominativo de las *chullpawawas* surge por la similitud de forma de los rollos de tierra y paja con las *wawas* (bebes) fajadas de Bolivia. Esta técnica está trabajada con tierra arcillosa en estado plástico y tejida en fresco.

Las técnicas en estado plástico son consideradas las iniciales en el ámbito de la construcción. Al respecto Guerrero menciona que la tierra modelada fue seguramente la técnica precursora del resto de los sistemas de construcción con tierra en muchas partes del orbe y a la que en España se le llama *pared de mano*, *tierra apilada* o *tierra amasada* (Guerrero 2020, p.145).

Tal como indica Guerrero, la técnica de la tierra modelada seguramente fue precursora al no utilizar ningún tipo de encofrado, lo que afianza la idea que la técnica presente en las chullpas fue trabajada con una variante de esta gran familia. Delaveris et.al, (2019, p.311) mencionan que se ha podido observar que las estructuras de los *chullpares* están conformadas por piezas en forma de rollos realizados con tierra y paja entera. En estos elementos constructivos la paja y la tierra fueron amasadas en direcciones arbitrarias, como un fieltro de lana o un moderno "tejido no tejido". (Fig. 7)

La presencia de rollos en los muros de las chullpas, hace pensar que la chullpawawa está elaborada de manera similar a la tajta (lona de barro, tecnología uruchipaya). Se constituye con el tendido de paja entera esparcida aleatoriamente, una capa de tierra arcillosa, y cuando seque un poco o en el estado de "cuero" de la tierra se la pisa para que adquiera mayor resistencia. Aunque se ha detectado la presencia de un material orgánico, pero no ha sido especificado, Delaveris menciona que en la tierra que fue utilizada para la producción de las *chullpawawas* y por ende la construcción de las *chullpas*, existe un componente orgánico, todavía no determinado, que se presenta en un estado descompuesto que no es la paja.

5.6. APROXIMACIONES A LA COMPRENSIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

En 2022 se inició con la práctica de reconstrucción a escala de las chullpas y chullpawawas después de 500 años de olvido. Todos trabajaron maquetas a escala 1:10, los grupos de estudiantes decidieron trabajar con varios tipos de fibras: paja remojada y machucada, hilo de cáñamo, hilo de costura, algodón y fibra de coco. Un aspecto que no se controló fue las dimensiones de la chullpawawa y la generación del rollo a escala.

En esta experiencia, el desafío se centró en comprender el tejido no tejido de las piezas de chullpawawas para conformar los muros, la parte más complicada fue tratar de generar la

Figura 7. Wawa fajada y alzado o cargado de piezas de chullpawawa como si fueran wawas.
© Pacha Yampara Blanco 2023.

bóveda interna, fue difícil generar el cambio de forma desde el rectángulo exterior a la bóveda interior. En muchos casos solo se logró replicar el tejido no tejido. Después de esta primera experiencia se pudo constatar que la técnica tiene mucha resistencia, en el momento de traslado de las maquetas se evidenció que no apareció ninguna fisura o separación, a diferencia de lo que ocurre con maquetas de adobe que suelen ser más frágiles, porque los movimientos generados en la manipulación simulan sismos a escala. (Fig. 8)

Figura 8. Tejido no tejido a escala y chullpa terminada escala 1:10.
© Karla Pérez y Pacha Yampara Blanco 2022.

Se considera que esto ocurre por el tejido no tejido trabajado en fresco, además de la paja utilizada en cada pieza y el amasado, dormido de la tierra previo. (Delaveris et.al. (2019, p.317) indican que, en estudios de laboratorio, en la flexotracción se producía una fractura, pero el material no se separaba debido a la existencia de la paja. Y en la compresión las muestras no se desintegraban totalmente, sino que cada elemento constructivo (*chullpawawa*) se separaba de las al lado. En una torre completa, esto no se produciría con gran facilidad, debido a su estructura "textil" (gran similitud con urdimbre y trama de un textil andino).

5.7. APROXIMACIONES A LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA

En 2023 los esfuerzos se centraron en la réplica de piezas chullpawawa, varios grupos de estudiantes trabajaron los rollos. Se realizó siguiendo la lógica de la *tajta*, tendido de paja entera entremezclada y encima una cama de tierra arcillosa preparada con mucílago de tuna en estado viscoso. Se esperó que agarre consistencia para realizar cortes en rectángulos grandes de 80 x 60 cm o variantes que se enrollaban generando la pieza de la chullpawawa.

Cada grupo generó alrededor de ocho piezas de chullpawawas, las alturas y largos fueron variables, aspecto que dificultó un tejido no tejido homogéneo: esto se asocia a la variabilidad de la cantidad de paja y tierra utilizada por cada grupo. Cada pieza pesaba entre 12 a 18 kilos, peso que podía cargar una persona.

La construcción del muro en "L" o esquinero se inició con la base compactada, siguiendo la lógica de varias chullpas originales que no presentan sobrecimientos y fueron erigidos directamente sobre el suelo. La primera duda fue la disposición de las chullpawawas en la primera hilada, se decidió acomodar las piezas transversales a la longitud del muro, dejando una especie de hilos que rebasaba el ancho del muro (ver fig. 9). La segunda hilada iba transversal de manera que los "hilos" anteriormente dejados se debían doblar hacia el interior.

A medida que la altura crecía fue más complicado mantener el plomo del muro, ya que por el trabajo en fresco y el peso a la compresión generada por las hiladas superiores, las piezas tendían a derramarse a los costados, lo que obligaba a reajustar el doblado de las piezas para tratar de mantener el ancho del muro.

Esta experiencia hizo comprender que se debía tener conocimiento exacto para generar el tejido[5] de tierra sin dificultad. Y seguir una cantidad de hiladas (aproximadamente de 80 cm de alto) para que estas agarren resistencia y continuar con las siguientes sin problema de derrames de hiladas.

CONCLUSIONES

La experiencia de la reconstrucción a escala y de las piezas de chullpawawa hace reflexionar que demostraron una alta tecnología arquitectónica, ingenieril, sin contar con el significado simbólico profundo que conlleva. Es lógico pensar que utilizaron un conocimiento nato de los textiles con los cuales vestían para crear la técnica constructiva de la chullpawawa, utilizaron los materiales apropiados de la región para erigir torres que sobreviven al clima agreste del altiplano más de mil años. Es la prueba definitiva que la tierra si resiste.

Hasta el momento se ha podido deducir que las chullpawawas tienen una relación directa con la *tajta*, lona de barro y paja parte de la tecnología ancestral, que después de extender los elementos se debe esperar que agarre resistencia y se inicia a enrollar, no se tiene datos con exactitud si es preciso pisar la "lona de barro" antes de enrollar como se hace en la elaboración de la tajta. Por otro lado, no se tiene certeza de qué otro elemento se ha utilizado para dar mayor resistencia a la estructura.

El estudio y práctica se encuentra en etapa inicial, la experiencia hizo entender que hace falta precisar el uso de materiales y probar con algún otro aditamento que no se pudo detectar en laboratorio. Paralelo a futuros experimentos de la técnica se debe pensar en la posibilidad de aplicabilidad en la contemporaneidad, qué es lo más llamativo de la técnica para saber qué nueva vida se puede otorgar. Varios estudiantes se sorprenden al conocer que existen nuevas/viejas técnicas constructivas y comprender que hay varias técnicas por estudiar y precisar sus procesos de construcción.

Al considerar estas estructuras como sismorresistentes será preciso realizar la prueba de sismoresistencia en las mesas vibradoras, de esta manera se pueda verificar la eficiencia del tejido no tejido, muy característica de las chullpas.

5. En el tejido textil pasa algo similar si uno no tiene experiencia ya que surgen hilos muy apretados o sueltos y eso es por la inexperiencia de la persona que teje.

BIBLIOGRAFÍA

De la Zerda, J. (1992) *Los Chipayas, modeladores del espacio*, La Paz Bolivia.

Delaveris, I. et.al. (2019) "Chullpawawa, una nueva unidad constructiva de tierra: redescubriendo la historia prehispánica." Artículo publicado en las memorias del *19º Seminario iberoamericano de arquitectura y construcción con tierra: conservación sostenible del paisaje, tierra y agua* / editores Célia Neves, Zazanda Salcedo Gutierrez, Obede Borges Faria. 1ª ed. San Salvador, El Salv.: FUNDASAL. pp. 303-320

Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción com tierra, estudio comparativo de las técnicas constemporáneas en tierra*. Tesis de Máster Oficial en Tecnología de la Arquitectura Construcción e Innovación Tecnológica España.

Pärssinen, M., Kesseli, R. (2005) *Identidad étnica y muerte: torres funerarias (chullpas) como símbolos de poder étnico en el altiplano boliviano de Pakasa (1250-1600 d. C.)* IFEA

Guerrero, F. (2020) "El uso de tierra modelada en la intervención de componentes constructivos de adobe." DOI: 10.30763// *Intervencion*. 236.v2n22.15.2020 • AÑO 11, NÚMERO 22: 133-160

Minke, G. (2005) *Manual de construcción en tierra, la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.* Kassel - Alemania

Yampara, S (2016) *Suma qama qamaña = Paradigma cosmo-biótico tiwanakuta: crítica al sistema mercantil kapitalista.* La Paz-Bolivia: Ediciones Qaman Pacha

Yampara, P. (2023) *Muruqu taru uta, un sistema de vivienda de jaqis que 'saben vivir y convivir bien' con el pluriverso de mundos en el cosmos biótico* (tesis de maestría), La Paz - Bolivia

NOTA BIOGRÁFICA DE LA AUTORA

Pacha Yapucha YAMPARA BLANCO, arquitecta por la FAADU UMSA, maestra en psicopedagogía y educación superior, Maestra en proyectos urbanos sostenibles y egresada del doctorado en planificación urbana y región metropolitana. Investigadora en temas relacionados a las culturas andinas y la arquitectura de tierra. Actualmente es docente de la FAADU –UMSA. Cofundadora y directora de YAPU TIERRA. Miembro PROTERRA.

Figura 9. Arriba: proceso de elaboración de chullpawawa. Abajo: piezas originales del tejido de las chullpawawas en Kulli Kulli y práctica del tejido no tejido de piezas chullpawawa en reconstrucción de muro esquina.

© Pacha Yampara Blanco 2023.

REGIO EARTH. A CROSS-BORDER EDUCATIONAL PERSPECTIVE.

Alina Cristina NEGRU, Architect, PhD, West University of Timisoara, RHeA, Romania (alina.negru@e-uvt.ro)
Alessandro SERRA, Architect, Atelier Terrapia, Italy (atelierterrapia@gmail.com)
Dragana KOJIČIĆ, Independent Architect, KFZ (Fine Art & Craft Club), Serbia (dramarchin@gmail.com)
Ádám BIHARI, Architect, Association of Environmentally Conscious Builders Körépítők, Hungary (adam@naturarch.org)
Gergely Péter BARNA, Engineer, Ph. D, Kyoto Design Lab, Kyoto Institute of Technology, Japan (sabishiitoto@gmail.com)
Ana PATO, Architect, NoosTerra, Portugal (ana.bv.pato@gmail.com)
Isabella BREDA, Artist, Italy (isabreda@yahoo.it)
Zdeněk VEJPUSTEK, Civil Engineer, Ph.D., Brno University of Technology, Earthen Architecture Association (SHS), CZ. (zdenek@wavestructuraldesign.com)
Viola TOCCAFONDI, Architect, PhD, Atelier Terrapia, Italy (violatoccafondi@gmail.com)
Tommaso VENTURINI, Architect, Italy (tom.ven87@gmail.com)

SUMMARY

The article presents the cross-border educational perspective that shapes the educational and cultural event Regio Earth (RE). The itinerant summer school takes place in the neighbouring countries of Romania, Hungary and Serbia. The specificity of this regional event resides in the cross-border cooperation and the cultural dialogue with the local communities. The aim is to favour a community-based educational process of applied research and of convivial transmission of the inherited know-how about the local earth. More precisely, the local know-how and the on-site resources are researched and experimented together by the international trainers and participants and the local communities involved in this process. The collective knowledge validated through this approach is further embedded in the pedagogical curricula of RE.

A special focus of the founding members is the continuous innovation of the pedagogical, technical and creative aspects of the summer school, through the constant collaboration with the local communities and with the institutional and professional European environment. The outcomes of the summer school, curated as an open source "Gallery of local knowledge" and the educational purpose aimed by the annual event are to be addressed in this article, from the multiple perspectives of both coordinators and trainers of RE.

INTRODUCTION

Regio Earth (RE) is an itinerant summer school about earth heritage, design and art. The summer school was founded in 2017 by three associations: the Italo-Romanian collective Atelier Terrapia, the Serbian association KFZ Fine Art&Craft Club and the Association of Environmentally Conscious Builders Körépítők from Hungary. RE takes place each summer in a different location in the founding countries, with the aim to raise awareness and develop skills and competences in the protection of our common heritage, while finding new ways to integrate it into our current socio-cultural dynamics. We believe that the dissemination of local building techniques with natural materials and the experimentation of innovative ones in the field of heritage are essential for its protection. Each edition of RE is preceded by field research of the traditional know-how inherited by the communities in which we intervene. The dialogue between the international professionals and the local communities from our countries is a beneficial experience for both parties, who discover together the sustainability and the diversity of building with earth (Negru, Serra, 2023, p. 220).

1. THE CONTEXT

1.1. COMMON EARTHEN BUILDING CULTURES

The three neighbouring countries of Romania, Serbia and Hungary share similar know-how and building cultures with earth. Most of them are present in the cross-border multicultural area of Banat: the structural techniques present in the lowlands, like rammed earth and adobe, are replaced, in the upper lands, by hybrid systems of stone, wood and earth, like the wattle and daub, half-timber with earth and light earth rolls (Negru, Serra, 2016, pp. 66-77). Both the multitude of natural resources and the coexistence of different cultures in this cross-border region has led to an interesting diversity of vernacular building systems and associated technical know-how. The earth as a building material is still spread around the region under the form of finishing or constructive components of the rural built heritage (Fig.1). The major problem is that this diffuse heritage faces the lack of craftsmen who know how to work with earth. The common practice of building with earth continued in our countries until the 1970s: for more than five decades, there has been less and less building with earth. Consequently, there are either very few or no craftsmen, and those who exist are very old. This knowledge, passed down for centuries, as well as old recipes, seemed almost completely lost. But our field research outlined an interesting aspect: in some rural areas of the region this know-how is still inherited by the inhabitants of the earthen heritage through everyday practices of maintenance of the domestic architecture. The houses are being carefully inspected by their owners every year after the cold season and if needed, repairs are done together with the extended family and the neighbours. These maintenance activities are not perceived by the inhabitants as technical or professional ones, but as convivial ones, that are usually concluded with eating, dancing and singing together. This way, the collective knowledge of plastering with earth or restoring an adobe wall is naturally passed on from one generation to another, in a non-formal and pleasant way. Finding new ways to create an educational environment that favours the convivial transmission of this inherited know-how[1] (Negru, 2023) is the aim of the authors. In this regard, the technical diversity and the intergenerational dialogue were gradually incorporated in the curricula of RE.

1.2. COMMON CHALLENGES

Most people of our region associate the earthen heritage (mainly consisting of rural housing) with poverty, unstable and perishable buildings, unpleasant smells, moisture, rodents and insects. Although that attitude has changed a little in the last decade, especially during and after the pandemic, it is still necessary to raise awareness on the importance of protection and improvement of earthen housing. We as specialists are facing a lack of technical terminology: the various types of earthen heritage typologies and techniques have not yet been comprehensively studied and classified so far. There is also a lack of specialised documentation of the earthen habitat - it seems that this topic has been researched more by ethnologists than by architects. In addition, achievements in this field are based on the efforts of individuals, rather than on joint work, mutual cooperation and exchange of information. Also, there seems to be not much literature that would encompass all techniques, their prevalence, constructive details, nor an inventory of earth buildings. Earth as a building material is not yet regulated by specific legislation nor studied in the formal educational system, even if its impact on the local building cultures is noticeable. Therefore, it is quite understandable that professionals are not ready to deal with this "unpredictable" material and have largely neglected it. Most of all, there is a lack of engineers who know how to deal with the structural

1. Alina C. Negru has documented through field research the transmission of inherited know-how - related to domestic earthen heritage - through the everyday and community practices in the rural area of Banat (Negru, 2023, p. 196-220).

Figure 1. The technical diversity of the regional earthen heritage.
© Alina C. Negru, Alessandro Serra.

aspects of earthen buildings and their preservation. However, in recent years, efforts have been made to introduce the theme in educational institutions that recognise the value of our common earthen heritage (Kojičić, 2014.).

1.3. THE SUMMER SCHOOL

Regio Earth was born out of an unfulfilled demand in our region.

The leaders of the founding organisations were all students at the CRAterre centre in Grenoble, where they experienced the Grains d'Isère Festival, the defining forerunner of the RE summer school.[2] After returning to their countries, they were confronted with the fact that the Central and Eastern European regions lack the kind of professional and scientific network that has already existed in Western Europe for decades. In response to this problem, they started doing field research in order to document the local earthen heritage and traditional know-how in their region and then launched the RE project. RE can be described by the following keywords: regionality, internationality, networking, knowledge transfer, intergenerational dialogue, professional and scientific community, applied research of earth building cultures and inherited know-how.

RE summer school is an annual event of knowledge transfer with a festival atmosphere and a focus on practice. That is why hands-on workshops are the main part of its professional programme. These are accompanied by scientific and educational lectures and technical presentations. The festival genre is a deliberate choice that reflects the diversity of the event. RE is not just a conference or a series of workshops, but a multi-site event that offers both a practical and theoretical experience for participants, who can be professionals or non-professionals. In addition, RE consciously opens up to the general public, with an emphasis on intergenerational knowledge transfer through dialogue with the local communities, with special children's workshops and family-themed programmes.

While maintaining the links with the professional network in Western Europe, the team of RE focuses to harmonise the international applied research of earthen heritage with the local one and to disseminate it in a non-formal educational environment. During the 5 events that have taken place so far, hundreds of participants from more than 30 different countries from all over the world have visited RE.

Why Regio? The word "regio" refers to the regional event that takes place at the geographical meeting point of our three countries, the cross-border region of Banat, where people with different languages but very similar socio-cultural backgrounds have lived side by side for centuries, maturing what we now call local building cultures. Based on the common knowledge and inherited know-how of the local communities, through collective hands-on activities, these cultures are undergoing serious changes: the social practices of passing on the common knowledge are replaced by industrialised services, there are not enough skilled craftsmen, the use of natural building materials is under-represented in the standardised building industry. RE addresses these problems: the educational and regional event is an opportunity to raise awareness and valorise the cross-border building cultures with earth.

2. INNOVATIVE ASPECTS

The specificity of this regional training event resides in two aspects: the cross-border cooperation and the cultural dialogue/exchange with the local communities. The aim is to favour a community-based educational process of applied research and of convivial transmission of inherited know-how about the local earth. More precisely, the local know-how and the related resources are researched and experimented together with the specialised and non-specialized participants (the professionals and the community) who are involved in this process. The collective knowledge developed in this process is further embedded in the non-formal pedagogical curricula of RE.

2.1. CROSS-BORDER AND COMMUNITY-LED DIMENSION

Aiming to document and valorise the common earth building cultures across the borders and the technical knowledge of the local communities, each edition contributed to refining the identity of RE and its team.[3] The first Hungarian edition marked the importance of ethnographic resources and vernacular architecture of the Open Air Museums in our region. The second one in Romania emphasised the intergenerational dialogue and building for and together with the local communities. This edition was part of a Romanian awareness campaign[4] that received the Prize for Activation of Intangible Heritage from the National Cultural Administration Fund. The Serbian one added the role of the scientific conference for the relevance of the summer school, with the Balkan Earth Conference in 2019. The conference showed that the techniques are very similar and do not follow the boundaries of states, but much larger geographical and cultural areas (the Pannonian or Carpathian Plain, Banat, the Danube Basin, mountain ranges). The large number of attendees of this edition (51 trainers and lecturers and around 80 participants from 32 countries) was also an experiment that

2. more about this iconic event that influenced the educational European practices can be accessed here: http://craterre.org/diffusion:festival-grains-d-isere/?new_lang=en_gb.

3. besides the authors of this article, the cross-border team of RE consists of professionals that are members of the local associations, institutions and communities where the summer school takes place.

4. the awareness campaign about earthen housing is ongoing since 2018: https://desprepamant.ro/.

was difficult to organise by our hosts. But in general, the impact that RE has for the local communities is consistent, not only financially but also in terms of revitalization: the locals host the participants of RE, gathering places with or without ovens are created for the community and decorative interventions are made in schools. The Hungarian team of 2022 organised for the first time in our region a workshop on 3D printing with earth, which was the highlight of that edition.[5] The Romanian team introduced the urban scale and they also improved the collaboration with research institutions for the development of the RE curricula. Furthermore, it was an opportunity to certify the participants in the ECVET Building with Earth system developed by the European partnership Learn•Earth.[6] As some of us participated in the preparation of ECVET units for earth building in the Leonardo EU Pirate project (2012-2015), we were very familiar with the essence and importance of using this system, especially in countries where earth building is not studied in formal education. However, it took ten years for organisations from Romania and Serbia to join the network of partners, send their trainers for training in the Czech Republic, and sign the Memorandum of Understanding. Now, the West University of Timisoara and KFZ are the umbrella organisations for ECVET training and certificates, one in Romania and the other one in Serbia.[7]

Figure 2. Building an oven for the community of Greenfeel.
© Flori Achim-Neagu, Cosmin L. Neagu.

The conferences, the workshops and the on-site interventions of RE acknowledge the importance of local building cultures and of the communities in which they developed. Each edition creates community platforms consisting of objects (benches, ovens) (Fig.2), works (decorative plasters or wattle and daub dividing panels) or structures (pavilions and sheds) that will remain in the local community and are a response to their need (heritage related or not). These platforms are used to have gatherings, social and cultural events, but also to exchange ideas and knowledge. In this regard, cultural and educational exchange with the local communities is a central aspect of RE. An example is the last edition, which took place in the Romanian city of Timisoara. This was curated as a cultural and educational experience developed with several partners in two urban community gardens conceived as Healthy Places (a concept that was New European Bauhaus finalist in 2022) [8]and where the everyday know-how about the productive and constructive potential of the local earth is experimented and passed on to younger generations. In the photo below (Fig.3) you can see a late afternoon of Regio Earth: people modelling the earth, others watching a thematic exhibition or talking, children playing, the locals cooking dinner with fresh products from their gardens.

Figure 3. Regio Earth in the urban garden Greenfeel, Timisoara.
© Pierluigi Breda.

2.2. THE PEDAGOGICAL/EDUCATIONAL DIMENSION

Since the organisers and most of the trainers are specialised in "Earthen Architectures and Sustainable Development" at Grenoble, the pedagogical methodology is based on the innovative approach of the raw matter, Grains de Bâtisseurs (Anger, Fontaine, Joffroy, 2005), developed by CRAterre and amaco. With every new edition, the pedagogical content is enriched and adapted to the local specificity through a mix of non-formal and formal methods: learning by doing, hands-on teaching for the participants, job shadowing between the trainers themselves, guided dialogue between the participants and the local community, a mix of different ages and professional perspectives of locals, craftsmen, artists and specialists, in order to favour the applied research and the transmission of the technical know-how.

In addition to its main objective of sharing knowledge on the state-of-the-art of traditional earthen construction techniques, RE is an important opportunity for innovation. Its open and flexible format allows for plenty of time for conviviality. This time is a valuable resource, an opportunity to share ideas and experiences, for both trainers and participants. In this regard RE gives the opportunity to pursue new ideas in the spirit of

5. the 3d printer was operated by a Hungarian development team in collaboration with the Italian manufacturer wasp: https://www.3dwasp.com/en/

6. the official website of the European system - ECVET building with earth: https://ecvetearth.hypotheses.org/.

7. more about the course and certification from 2022 here: https://www.uvt.ro/en/comunicate-presa/la-universitatea-de-vest-din-timisoara-s-a-desfasurat-prima-certificare-europeana-din-romania-in-construirea-cu-pamant/.

8. the concept is co-designed by Atelier Terrapia and Studio Peisaj and applied to the two educational platforms of Greenfeel and the Urban Garden of West University of Timisoara: https://2022.prizes.new-european-bauhaus.eu/node/303980,
https://www.uvt.ro/en/blog/gradina-urbana-uvt-si-greenfeel-parte-din-proiectul-healthy-places-nominalizat-printre-finalistii-premiilor-new-european-bauhaus-2022/.

experimentation, it creates a truly open-lab in a free and informal context, independent of market objectives or academic interests.

In recent editions RE has seen the participation of scientific partners, such as universities and research institutes. These collaborations offer the technical means to test alternative production techniques (such as 3D printing) (Fig.4) and to scientifically validate the techniques experimented at RE. These partnerships also facilitate connections and promote collaborations between researchers and craftsmen. Access to laboratories offers the possibility of scientific validation in assessing the potential of new products, or new fields of applied research.

One example is the rammed-earth floor, which can be compacted with traditional methods or innovative ones. The application of this technique currently has a number of challenges. The main ones regard the complexity of installation, the high construction costs, the high labour-intensity and the uncertainty of the result, due to the many variables related to material and construction process. In the RE 2023 edition, one of the courses proposed an alternative method of floor construction through the prefabrication of rammed earth tiles and tested it together with the participants. This kind of experimental solution has the potential to reduce construction time and costs and solve some of the critical issues of traditional rammed earth floor installation, particularly those related to in-situ compaction. This normally requires special attention where there are elements that are vulnerable to the mechanical actions of compaction, such as integrated heating systems, or wherever floors are installed on storeys above ground level on structures lacking in stiffness. During the course, different soil mixtures were experimented with the participants, creating tiles with diverse grain size compositions and consequent mechanical and aesthetic qualities. Once dried, the tiles were arranged in different geometries, with various compositions, thicknesses and visibility of the joints (Fig.5).

Another recurrent theme is that of wattle and daub, which is a diffuse traditional technique in our region and has a lot of potential for contemporary design. The parallel experimentation of European and Japanese wattle and daub technology has proved to be an enriching experience both for participants as for trainers.

In the case of the local wattle and daub, the mixture of clayish earth and long straw, in a viscous state, is used as a filler or as a plaster. The support is both of wooden laths and wicker or hazelnut rods and can still be found only in the upper part of some facades of the rural houses (Negru, Dorobanțu-Gordon, Serra, 2018, p. 236).

The Japanese technique is different from the European one and used to be applied in the majority of the buildings, ranging from humble habitat to the most prominent architecture such as palaces and temples. The challenge of teaching the Japanese

Figure 4. Earth 3d printing.
© Körépítők.

Figure 5. Prefabricated rammed earth tiles workshop.
© Flori Achim-Neagu.

Figure 6. Japanese and local samples of wattle and daub.
© Cosmin L. Neagu.

style wattle and daub technique in a summer workshop is in how we can reinterpret a technology that normally requires a periodical execution of weeks or even months in a relatively short period. Since 2018, we have been developing a workshop schedule that can serve as a pragmatic summary of the original method (Fig.6). This helps to introduce the main principles of the technique, that can be further explored by the participants in their own working environment. Through this, we can achieve an educational content that can be executed not only by highly skilled professionals, but also by enthusiasts, reaching a broader audience.

Related to this is the aspect of material accessibility: present day Japanese wattle and daub technologies rely on the usage of locally accessible materials, such as split bamboo, chopped rice straw, and rice straw rope. These materials are hard to access in the European region, so their replacement with local materials is inevitable for an adoptable technology. During the RE workshops, the indigenous materials were introduced partly through material samples, to experience the original technology. At the same time, stress has been given to experiment with locally accessible materials, such as wicker, reed, wheat straw and hemp rope. These were undertaken the same procedure as how the base material is prepared in Japan: the earth-straw mixture has been left to ferment for a period ranging from several weeks to a year, not only to boost the elasticity of the mixture, but also to create a broad range of fibre length that can help the structural integrity of the applied material during the drying phase. The various mixtures were also applied to different test pieces to analyse how the preparation process affects their characteristics.

The collaboration with the research institute INCERC-Timisoara[9] ensures the test of the local soils and of the products of the workshops, measuring their mechanical characteristics and thus their strength and durability. By testing traditional and experimental techniques in the laboratory, we can guarantee scientific relevance to the activities and results of RE (Fig.7).

Another important aspect of the RE's pedagogical method/process was introduced by the use of the earthen plaster, which is a diffuse finishing in our region. The importance of the sensorial experience and the aesthetic perception of it was underlined during the learning process: the technical know-how is better transmitted with the help of senses and emotions. This concept is based on the idea that our actions (handcraft) are the material expression of our emotional memory. Moreover, touching the earth and modelling it by hand creates a connection that can last more than the rational motivation of building with earth: it highlights the close relationship between ideas, gesture and raw material. Due to its physical properties and its expressive potential, earth allows for a plurality of directions and a wide range of forms and languages, thus favouring a learning method that is more creative and artistic than technical. In this context, our senses became the tools for discovering the qualities of a work/an object and its own essence of matter. Knowledge is thus reached by learning through discovering. The aesthetic also plays an important role in this educational process. Indeed, earth as raw matter is formed by grains that can take multiple shapes and colours (Fig.8). It is a simple material with a broad expressive potential, from which surfaces with different atmospheres can be obtained: austere, modest, rough or elegant. These atmospheres are also created by the different materials that can be combined with earth, like fibres or lime.[10] The expressivity of earth and the variety of applied techniques are visually documented through the creative lens of local professionals.[11] We believe that the technical know-how can

9. the National Institute for Research and Development in Constructions, Urbanism and Sustainable Spatial Development URBAN-INCERC, Timișoara branch, is a partner of Regio Earth and had collected samples from the workshops of the 2023 edition in order to analyze them. More details about the institute can be found here: https://incd.ro/sucursala-timisoara/.

10.in this regard, local producers of earth and fibre products and local craftsmen that work with natural materials were involved in the training activities of Regio Earth, like for example Attila Matyas Lakatos.

11.the director Ioana Dorobanțu-Gordon and the photographers Cosmin l. Neagu, Flori Achim-Neagu and Constantin Duma. In some editions we have also involved other creatives, like Andreea Dincă, Gaia Putzolu or Pierluigi Breda.

Figure 7. Sample earth test during RE 2023.
© Cosmin L. Neagu.

Figure 8. Decorative earth plasters.
© Cosmin L. Neagu.

be passed on with this excellent tool which is the image. A special focus was given also to involving artists that sketched or painted their impressions and the RE atmosphere.

3. PERSPECTIVES

The different creative and cultural perspectives that shaped the outcomes of RE will merge into an itinerant exhibition about: sustainable housing as a common heritage, the positive impact of using local know-how and materials and the qualities of the earth as a building material. In this regard, a selection of the products of RE and of the audio-visual documentation will become the "Gallery of local knowledge", developed and curated as an itinerant and open source exhibition about the local knowledge around earth.

From 2023, RE participants have the opportunity to obtain the European ECVET Earth Building certificate. This certification system was developed during international collaborations of national earthwork organisations on European research projects and it is currently operated and supervised by 18 member organisations from 13 countries. The possibility for RE participants to obtain a professional earthwork qualification might reinforce cooperation with institutions in the region and better connect the summer school with the professional environment.[12]

As a learning from the past that has been applied in 2024 and will be repeated in the future, RE is being prepared for a much smaller number of participants and even more connected to the context in which it is implemented. We think that the impact of the festival, especially on the community where it will take place, could become even more significant. For example, the Almaš quarter, a part of Novi Sad over 300 years old that became the scenery for our 2024 edition, although it has lost many earth houses, has almost entirely retained its former irregular urban matrix, following one of the Danube's channels. Most of the RE activities took place in the yards of the still existing houses, on the plateau and in the park in front of the Cultural Station Svilara. All these activities aimed at raising awareness among the residents of Almaš quarter about the importance of preserving their houses and the significance of preserving this part of the city in general.

CONCLUSION

Technical innovation leads to new forms of material expression, new aesthetic potential to approach with creativity. The open format of RE is an added value in this sense. The informal context combined with the curiosity of the participants, carefully guided by the experience of the trainers, can lead to interesting and unexpected results. RE has the potential to be a catalyst for innovation. As a recurring event, year after year it consolidates and expands the number of participants and ensures continuity of ideas and relationships. Although the event has grown rapidly by attracting an increasing number of international participants and professionals, it is still very much grounded in its local and regional heritage. This combination contributes to gathering a critical mass, a wide network and a pool of knowledge with the potential to influence local development and bring about a step change in the use of these materials and techniques. Earthen construction techniques are still traditionally handcrafted, making it difficult to apply them on a large scale in an industrialised world, with few exceptions. RE helps to promote the use of regional and traditional techniques and materials, but also to integrate technical innovation and craftsmanship. This combination has the potential to open up wider markets and new business models, based on the circularity of resources and materials.

The incorporation of the local inherited know-how about earth in the RE curricula ensures the transmission of the building practices with earth in a more formal educational environment and this might favour the absorption and validation of common knowledge by the scientific community. Furthermore, the values behind the open source cumulative evolution of the earthen building cultures, like shared knowledge and multigenerational dialogue, could be integrated in the formal educational environment. The very method of collective writing of this article reflects the intent in which Regio Earth was created and consolidated over time: as a moment of collective reflection and exchange of knowledge between various generations and professions, with a permanent focus on the quality of the educational and training act.

12. RE is part of the summer schools promoted by the Romanian Order of Architects. The phenomena of the Romanian architecture summer schools has a significant impact and relevance for the preservation of tangible and intangible heritage and for the professional training in general: https://www.uar-bna.ro/2021/proiecte/s14/.

BIBLIOGRAPHY

Anger, R., Fontaine, L., Joffroy, T. (2005). *Grains de bâtisseurs. La matière en grains, de la géologie à l'architecture*, CRATerre, Villefontaine.

Kojičić, D. (2014). "Problems in conservation of earth buildings" in Vojvodina. In: Šekaric, Branka (ed.), *Modern Conservation ICOMOS Serbia* 2nd issue, Belgrade.

Negru, A., Serra, A. (2016). *Patrimoine local, source d'inspiration - Voyage dans les terres du Banat*, Post-Master's Thesis DSA Craterre-Ensag, Grenoble.

Negru, A., Dorobanțu-Gordon, I., Serra, A. (2018). "Prezența pământului în patrimoniul locuit din Timișul rural". In: P*atrimonium Banaticum VIII,* Editura Mega, Cluj-Napoca.

Negru, A., Serra, A. (2023). "Regio earth" In: Dipasquale, L., Mecca, S., Montoni, L. eds. *Heritage for people. Sharing vernacular knowledge to build the future*, DIDA Press, Firenze, p. 220.

Negru, A. (2023). *The earth in the diffuse building traditions of Banat. Stories, habits and inherited know-how*, PhD Thesis, UVT Timișoara.

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Alina Cristina NEGRU is an architect (Atelier Terrapia) and researcher (West University of Timișoara, Research Center for Cultural Heritage and Anthropology). Specialised at CRAterre - ENSAG Grenoble (France), Alina is involved in various projects of documentation, activation and promotion of local building practices with earth.

Alessandro SERRA specialised in earthen architecture at CRAterre - ENSAG Grenoble (France). Since 2015 he has been working in Italy and Romania on projects for the renovation and enhancement of earthen architecture in collaboration with educational institutions, universities and associations. He is a certified trainer in the Earth Building European network.

Dragana KOJIČIĆ is an independent architect specialised in earth architecture at CRAterre and a PhD student at Scene architecture in Novi Sad. She organises workshops that promote the use of earth in architecture and beyond for various target groups in Serbia and in the region. She is a certified ECVET trainer and a president of KFZ, an umbrella organisation for ECVET Earth Building in Serbia.

Ádám BIHARI is an architect that graduated from the Faculty of Architecture at BME in 2016 and since then focuses on utilising natural and locally available materials to create harmonious, eco-friendly structures. As the founder and president of the Association of Environmentally Conscious Builders from Hungary, he promotes old and new sustainable practices of building.

Barna Gergely PÉTER, Engineer, Ph. D, is a design researcher and a doctor in design science at KYOTO Design Lab at the Kyoto Institute of Technology. Through his research he is seeking to bridge the gap between traditional Japanese architecture and contemporary digital surveying and manufacturing technologies.

Ana PATO is an architect specialised in earthen architecture at CRAterre - ENSAG Grenoble (France). She collaborated in different projects for the renovation and enhancement of vernacular architecture as a means for local development. As a certified trainer in the Earth Building European network, she has also taken part in workshops and awareness-raising activities for earth-based construction.

Isabella BREDA is an architect that graduated in Architecture at IUAV and while working in architectural restoration, she became interested in earth and all the possibilities that this material offers in the artistic field. Isabella's artworks are characterised by a continuous research of an expressive, tactile, emotional language and by graceful shapes.

Zdeněk VEJPUSTEK is a researcher and teacher (FA BUT), a structural engineer (WaVe Structural Design) and chairman of an NGO (SHS). He is a guarantor of "Earthen Architecture" course at the FA BUT and a certified lecturer of "Learn. Earth" and "Clay Building Maker" courses. He focuses on the interaction of wood and earthen materials and in the development of building standards.

Viola TOCCAFONDI is an architect who graduated from the University of Florence. She achieved her PhD in earthen architecture at the TU Berlin. Viola is a practising architect, her professional focus is on design restoration and research in the field of natural materials and local building cultures. Viola is an active member of Atelier Terrapia.

Tommaso VENTURINI has a degree in architecture and building engineering. He worked as an architecture researcher at TU Delft, he practised the rammed earth technique with the architect Hanno Burtscher (earthman.at) and he specialised in 'Regenerative materials' at ETH Zurich. He mixes design work with practical experience in order to realise rammed earth walls and floors.

BUILDERS OF CHANGE. BASEHABITAT EDUCATION PROGRAMMES ON EARTHEN ARCHITECTURE.

Ulrike SCHWANTNER, BASEhabitat, University of Arts Linz (ulrike.schwantner@kunstuni-linz.at)

SUMMARY

There is an urgent need to bring about a turnaround in construction and to change the way we design our built environment. Raw material consumption, CO2 emissions and waste production in the construction sector are alarmingly high. As promotors of innovation, universities play an important role in transforming the existing resource-intensive architectural practice into a dynamic circular process.
BASEhabitat, a studio at the department of architecture at the University of Arts Linz, has been dealing with challenges of sustainable architecture for more than 20 years now. Following the vision of 'architecture for change', the focus is on building with earth and other regenerative materials, as well as on collaborative building projects that involve students and other players in design and implementation. BASEhabitat's educational offer includes study programmes, material workshops and collaborative building projects in different contexts around the world.
The aim of the paper is to show how the educational programmes promote earth building as part of a new understanding of architecture that incorporates circular design principles and involves different players throughout the architectural process.
The case studies of two site projects in Austria and Thailand demonstrate how the collaborative process can create a transformative learning experience, build expertise and generate visible examples of a new architectural practice.

INTRODUCTION

The negative environmental impact of the construction sector is alarming. It accounts for an average of 50% of primary raw material consumption in the EU, at the same time it is responsible for 36% of solid waste generation.[1] Dirk Hebel, Professor of Sustainable Construction at the Karlsruhe Institute of Technology, puts it in a nutshell when he says that there is a mass failure in the way we design our buildings if we generate this much waste.[2]

Universities, training the future architects and engineers, have an important role to play in this context. University education must change radically and teach new paradigms of circular construction, where the choice of materials plays a major role. Regenerative building materials, such as earth and bio-based resources are essential for a new sustainable approach in architecture. These materials are to become the latest standards used routinely in the construction sector.

For this to succeed, the know-how must also be integrated in the training of all craftspeople in the construction sector, from several branches in construction to building equipment. Every professional in the building trade needs to know these potential materials by heart and be able to work with them confidently.

1. Hebel, Heisel 2022, p. 22.
2. Heringer et. al. 2022, p. 112.

Earth, with all its exceptional properties, definitely has the potential to be a major player in contemporary construction. Globally, earth construction is still struggling with major image problems, the lack of knowledge and high-standard implementation in construction keep the building material in a niche. Earth-building pioneers are therefore calling for more research and training, as well as norms and standardisation that facilitate implementation on a larger scale. Another request is the realisation of more practical building projects in which new application possibilities and material combinations are tested and made visible.[3]

Thanks to many pioneers who have been researching and promoting earth construction for decades, as well as focussing on training and further education, important foundations have been laid. The decisive factor will be how this knowledge is disseminated and further developed. Germany for example has been at the vanguard of earth building standards with the introduction of several rules and guidelines that can open up new dimensions.

1. CIRCULARITY IN THE BUILT ENVIRONMENT

1.1 CIRCULAR ARCHITECTURE: MATERIAL AND DESIGN STRATEGIES

The approach of circular architecture disrupts the one-way model where buildings are produced as fast and as cheap as possible, used for a short time and then discarded as waste. The graphic in (Fig. 1) illustrates how circularity in architecture can be created by focussing on the materials used and by applying new design strategies.

The material strategy includes the use of earth and bio-based raw materials, the careful reuse of existing materials and exploits the potential of high-value reuse. The design strategies relate to critical questioning of requirements (build less), minimising the amount of material used, and designing for multiple life cycles. Other design issues include optimal maintenance and operation, that can be supported by applying bioclimatic design principles.

1.2 COLLABORATIVE PLANNING AND IMPLEMENTATION: A NEW ROLE FOR ARCHITECTS

A holistic view of architecture highlights the need for many players to work together in the design, construction and operation of a building, covering its entire lifecycle, including conversion and reuse. The role of the architects is changing. They are no longer the experts working alone at a desk but are becoming facilitators who interact with many other players. In order to develop a project successfully, the expertise of everyone involved is necessary.

Some of the main players and their joint potential to create new knowledge in the architecture process are illustrated in (Fig. 2). Particularly when it comes to implementing innovative approaches in architecture, as is the case with earth construction, the collaboration of many players is crucial. Many detailed questions, that arise while implementing innovation, can only be fully resolved through the input of various professionals with different expertise. The change goes hand in hand with a radically new understanding of the roles of all players in the construction industry and is based on innovation throughout the entire process.[4]

3. Heringer et. al. 2022, p. 126 - 147

4. Hebel, Heisel 2022, p. 100

Figure 1. Material cycles in architecture.
© Ulrike Schwantner.

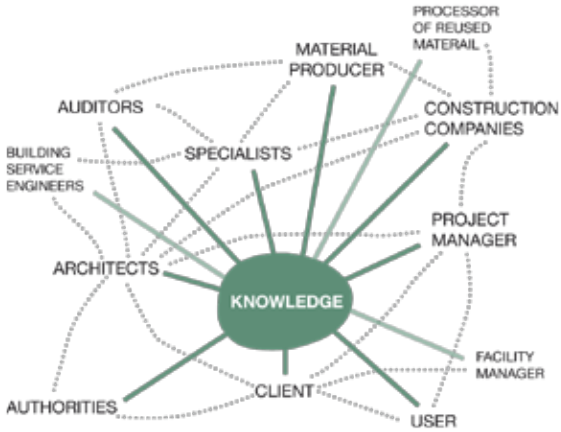


Figure 2. Network of players in the architecture process.
© Ulrike Schwantner, based on Bergmann 2019, p. 72.

The complexity of these processes requires new planning methods and a planning culture in which all project stakeholders are fully and equally involved. The aim is to overcome fragmented, hierarchical, sequential processes and instead create holistic, collaborative, simultaneous processes in the architecture process.[5] The principle of collaborative planning, which has already become standard practise in many other sectors, must also be introduced to architecture. The shift to a circular architecture requires disruptive innovations that can only be successfully implemented through a multidisciplinary and multisectoral approach.[6]

These new types of collaboration need to be trained. There are many obstacles to overcome in order to achieve the transition to collaborative design and construction. As in many countries, the construction industry in Austria is rather dominated by a culture of competition and mistrust. Craftspeople and architects often meet each other with scepticism. It is important to create places of multidisciplinary and multisectoral interaction where prejudices can be overcome. Education programmes in the building sector and beyond should attach great importance to this topic. Working together on experimental construction projects, whether on a small or large scale, can be a starting point.

2. BASEHABITAT EDUCATION PROGRAMMES

2.1. OBJECTIVES AND METHODS OF BASEHABITAT EDUCATION PROGRAMMES

BASEhabitat, a studio at the department of architecture at the University of Arts Linz has been committed to socially responsable and sustainable architecture since 2004, putting a strong focus on earthen construction in architecture education. 30 projects have been designed together with students and numerous partners, and about half of them have been realised. Over the years, BASEhabitat has been in a constant state of evolution, learning from mistakes, getting inspired and developing new concepts, and integrating principles of circular architecture.

The architectural training programmes aims to place a strong focus on the selection of building materials in the design. Locally available materials such as earth and fibres should be used appropriately. The choice of materials goes hand in hand with a clever design concept that takes the principles of bioclimatic design into account to ensure a good indoor climate with minimised heating or cooling requirements. In recent years, increasing attention has been paid to the handling of existing building stock and the re-use of building materials and components.

5. Bergmann 2019, p. 182
6. Milstein 2022, p. 128

Another objective is to set up architectural education that bridges the gap between theoretical training at university and practical experience on a construction site. A special feature is therefore the integration of hands-on experience on construction sites in their curricula, and a vivid practical exercises with regenerative building materials. The cooperation between students and craftspeople is also intended to raise awareness of the benefits of collaboration.

A module in materials science emphasising regenerative building materials has been set up, that includes a wide range of regenerative materials including new innovative products. The material science goes along with a series of practical workshops where participants get insight into material properties and an understanding of the implementation of a design.

Dissemination and networking have been important parts of BASEhabitat's activities from the very beginning, in order to spread the ideas of sustainable architecture and establish earth building techniques. BASEhabitat is member of the UNESCO Chair earthen architecture and of the Austrian Netzwerk Lehm, a nationwide organisation that promotes earth construction and connects craftspeople, researchers and trainers.

2.2. STUDY PROGRAMMES IN ARCHITECTURE

Based on the many years of experience, BASEhabitat has set up two study programmes with their specific curricula. The Master of Architecture (120 ECTS) offers a specialisation for students with a Bachelor's degree, the Postgraduate Degree (90 ECTES) is a further education programme for international students who wish to learn how to tackle today's challenges in architecture. Both programmes include material science and a wide range of earth building techniques in theory and practice as well as one term on a BASEhabitat construction site, where they realize a design with natural materials together with partners. Subjects such as change management and participatory design are also important components of the degree programmes.

2.3. WORKSHOPS AND SUMMER SCHOOL FOR ACADEMIC AND NON-ACADEMIC PARTICIPANTS

BASEhabitat has developed the format of an international summer school on earth and bamboo construction where 100 participants learn from world leading experts how to build with earth, bamboo and fibres. This biannual event has become a big success especially due to the networking potentials for enthusiasts of earth construction. The crucial question of how to implement these techniques for contemporary construction is also part of the event.

In addition to the summer school, BASEhabitat also offers material workshops open to the public, in which different regenerative materials, from reed to hemp lime, are taught in

cooperation with partners. This creates networks with material producers and companies. There is a growing interest from schools in further education in the building sector. BASEhabitat is involved in the development of a training programme for craftspeople in the building trade, which is being carried out by partners in the Austrian Netzwerk Lehm.

2.4. EXPERIMENTAL BUILDING PROJECTS

All these principles are applied in the BASEhabitat building projects. They are experimental projects carried out under the professional supervision of a construction manager and an earth building expert. The projects vary in size and sociocultural context. Experience from our first projects has taught us to work longer in the same place to build up expertise with partners, and this has proved very successful.

The following two experimental building projects are examples of maximising locally available renewable building materials. They have been realised by BASEhabitat students as part of the architecture study programmes at the University of Arts Linz, in close collaboration with different experts and craftspeople. The whole process was developed and accompanied by the academic staff of BASEhabitat. The Haegi Wendls project in Austria has already been published as part of the Lisbon Triennale 'Terra' in 2022 showcasing the circular approach in design and implementation[7].

3. HAEGI WENDLS – CONVERSION AND REUSE, A STATEMENT FOR REGENERATIVE MATERIALS

3.1. THE STORY OF HAEGI WENDLS

Haegi Wendl's house in Vorarlberg, Austria, dating back to 1458, has already gone through several life cycles, has accommodated various inhabitants and commercial uses, it has been adapted and refurbished multiple times over the centuries, but has nevertheless maintained its historic appearance. When a new generation took over the house in 2018 and a conversion was due, they felt the house was too big for them alone. The idea of an open house was born, a home for their family combined with a cultural venue for the neighbourhood.

The refurbishment and conversion started in October 2020 and was finished in July 2022. The cultural centre has become a much-appreciated place in the neighbourhood. In 2023 alone, more than 1200 guests attended readings, concerts, and workshops.

3.2. THE VISION AND THE TEAM

The clients had a clear vision of their house. Instead of demolishing the old building made of wood and stone, it should be refurbished and improved. The history of the building should be preserved, transferred to a modern standard, but remain simple. Only sustainable building materials should be used for the refurbishment, as was the case in the past. Structures and materials should be preserved as much as possible.

As the conventional building trade is not yet prepared for such an ambitious project of circular architecture, the cooperation between different pioneers was born. The common objective was to show that circularity is possible and a house can be refurbished using regenerative materials. Haegi Wendls is a collaborative building project in which trailblazers in the field of sustainable construction worked together intensively and bridged the gap between different disciplines. Carpenters, clay builders, roofers, energy consultants, civil engineers and architects, together with the construction managers and the academic staff of BASEhabitat have started to share their expertise and passion to develop and test new solutions and implement them together with their students on the construction site.

The project is based on a shared vision of sustainability that apreciates the existing building, its structures and its cultural heritage. With an optimised design and by using a mix of regenerative materials, quality of living has been created.

3.3. THE ARCHITECTURAL DESIGN

The initial plans for the conversion were already a joint effort between the architect, client and an earth building professional. The design had to be completely harmonious with the old building and had to be adapted during the construction process with the involvement of craftspeople and other specialists in order to find suitable solutions. Many details were only developed and tested on site. Working with regenerative materials was new to many of the companies involved, but they were all eager to test and contribute with their specific know-how.

In the new design, the external appearance remained unchanged, only the roof was raised slightly. Most of the facades were left in its weathered wooden planks. The typical Vorarlberg wooden shingle facade was renewed.

Stone and wood were the dominant materials in the historic building, sparsely insulated with fibres. As construction began, it turned out that the house needed to be partially gutted and structurally reinforced. The foundation was reinforced and some of the old wooden pillars had to be replaced. All interventions were kept to a minimum. Only those components that were no longer usable were replaced. The new load-bearing structure is made of wood.

To design the new living area, the old crooked structure of many small rooms has been opened up, the rooms have been enlarged and the living area now partly extends over two floors, connected with a wide open staircase. Only in the living room one window has been replaced by a larger one (Fig. 3).

7. Schwantner et. al. (2022)

Figure 3. Living space and outer facade after the conversion.
© Frederick Sams.

Figure 4. The cultural venue with a simple mix of old building fabric and modern elements.
© Frederick Sams.

The barn and parts of the former agricultural area were converted into a cultural venue. The old corridor has been turned into a foyer with a trass lime floor and a bar made from discarded roof tiles. A wide steel staircase with wooden steps leads to the event room. The raw stone walls were only fixed with lime mortar. Clay mixed with cow dung and fibres was used to plaster the sanitary facilities (Fig. 4).
The clean lines of the architecture design create a special aesthetic through the combination of old and new elements and the natural materials used.

3.4 REUSED AND REGENERATIVE MATERIALS

In the project, existing building materials and components were maintained and reused as much as possible. New structures combine regenerative materials.

The old wooden double windows were restored, as they still have a good energy performance. The outer wooden facade was left almost unchanged, the old wooden floors were sanded and placed again, and even the roof tiles were cleaned and refitted. Wooden parts that had to be replaced were later put in place again. The surfaces were oiled and waxed rather than treated with synthetic paints.

Different wall and floor structures including underfloor heating and installations were developed, based on regenerative materials. Wood as load bearing material has been combined with earth in different forms (Fig. 5).

The new wall construction is based on the existing wooden outer skin, which was reinforced inside with a timber construction. A mixture of wood chips and clay slurry was used for the insulation. The walls were clad with slats and plastered with clay. Some of the walls were paneled with reclaimed wood.

The floors on the ground level were made of rammed earth, on top of a fill of foam glass gravel. The wooden floors on the upper floor were combined with earth tiles on top of a fill of perlite and earth. Both floors include floor heating.

All the regenerative materials used come from the immediate vicinity of the project, some of them were byproducts like the

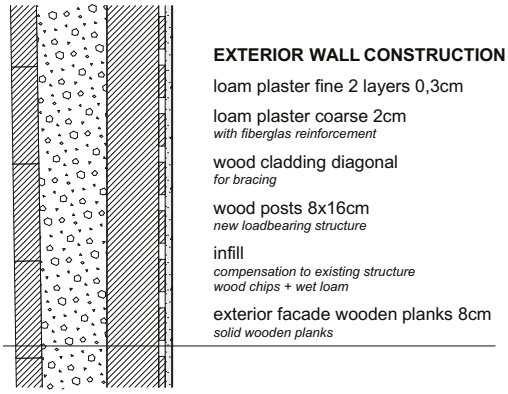


Photo: Martin Schachenhofer

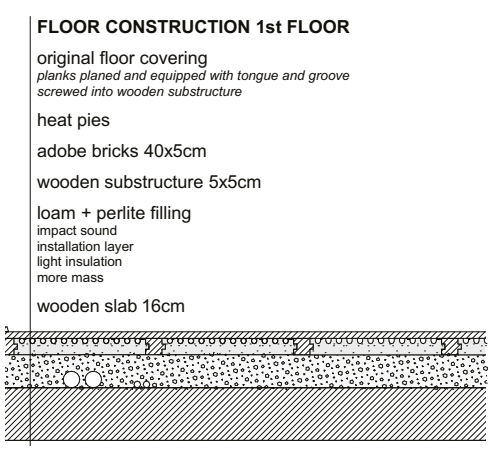


Figure 5. Top: Gutted building and wall construction. Bottom: Experimental floor construction with unfired earth tiles.
© BASEhabitat, Martin Schachenhofer, Carlos Flöter da Rocha.

wood chips from a sawmill or the clay slurry from a gravel plant. They were installed in a way that they can be easily adapted in the future.

The Vorarlberg Energy Institute analysed various key indicators at Haegi Wendls house: Primary energy consumption, heating energy consumption, CO_2 emissions and overall energy efficiency. Very positive results were found in all areas. Haegi Wendls has been adapted for another lifecycle and can be reused in the future without creating waste.

3.5. LOCAL IMPACT

The unconventional conversion project has created new networks and know-how, as it has brought many different local players together. Working on site with the students was an unusual but nevertheless very interesting experience, everybody involved could learn a lot from each other (Fig. 6). The experience and networks gained will support the local economy and help companies that work with renewable materials, local craftspeople and pioneers to set up future collaborations and establish new products in the market.

Regenerative materials are made visible by the project. There is a huge potential in regenerative building materials, but there are also a lot of prejudice against them. At Haegi Wendls they were made visible and tangible to the visitors of the open cultural venue. The quality of a building made from such fascinating materials can be experienced by the visitors.

At the end of the project, everyone involved was surprised by the great interest, Haegi Wendls became a showcase project that also motivates others to treat existing buildings with care and to take unconventional paths in construction.

The project was awarded with the 'Vorarlberger Holzbaupreis 2023 ↱ (timber construction award), special category "Social Relevance". The Vorarlberg Energy Institute has selected Haegi Wendls 2023 as a showcase project for the conversion and refurbishment of old buildings.

4. BAAN DOI – EXPLORING REGENERATIVE BUILDING MATERIALS AND BIOCLIMATIC DESIGN

4.1. THE STORY OF BAAN DOI

The project is named after the NGO Baan Doi that cares for underprivileged children in Mae Sae, in the very north of Thailand. The children are given a home and become part of a caring community where they have access to education and vocational skills training. The NGO wanted to establish a centre for sustainable agriculture, to cultivate their own organic food, familiarise the children with practical agricultural techniques, and generate revenue through renting out accommo-

Figure 6. Students experimenting with different regenerative materials onsite.
© Martin Schachenhofer, Bence Szalai.

dation and offering permaculture courses. The first step in the cooperation that stated in 2018 was to develop a master plan for the 40,000 m² rice field including water management, following the principles of permaculture. Over the years several buildings for the farm, a community house and some guest houses have been built.

4.2. THE VISION AND THE TEAM

The project partners had a shared vision of establishing the buildings with sustainable materials and testing locally available materials. Historically, buildings in this region were constructed from wood, but this resource is no longer available due to ongoing deforestation. There is some tradition in building with bamboo, but it is not very common in the area, earth construction hardly exists. Therefore, the project required testing and exploring available materials and techniques.

The team was set up of local workers and students from BASEhabitat, including architects and a site manager. Support was given by a permaculture professional from Thailand, various experts like scientists dealing with sustainable wastewater treatment and specialists in building with bamboo. The design process was based on a vivid exchange with all the partners, including several feedback loops. The construction period lasted several years, as the buildings were realized step by step. This gave the great opportunity of continuous evaluation and improvement.

In a later phase of the project a cooperation with the Suranaree University of Technology (SUT) in Thailand was set up. Scientists from SUT have tested our bamboo construction and the adobes used. In a further step, they are now analysing the CO2 footprint of our guest houses and comparing it with a conventional building made of concrete blocks. The final results of the study are not yet available, but the cooperation with experts from Thailand was definitely an important enrichment for the project.

4.3. THE ARCHITECTURAL DESIGN

Bioclimatic design principles were fundamental in the Baan Doi project, as the local climate is hot and often humid. To reach the objective of cooling without air conditioning, the building needed to be designed with a good natural air ventilation system. The use of earth and fibres also helped to keep the indoor climate cool, as earth can regulate the temperature and store humidity. Inhabitants appreciate the cool and fresh indoor climate in all the buildings (Fig. 7).

The solar orientation of the building, with the objective of using daylight and preventing heat ingress, was a major design principle. In the construction of buildings with earth, robust foundations and a protective roof are a standard practice. However, in the initial phase, the project failed to anticipate the impact of heavy winds and rain during the rainy season,

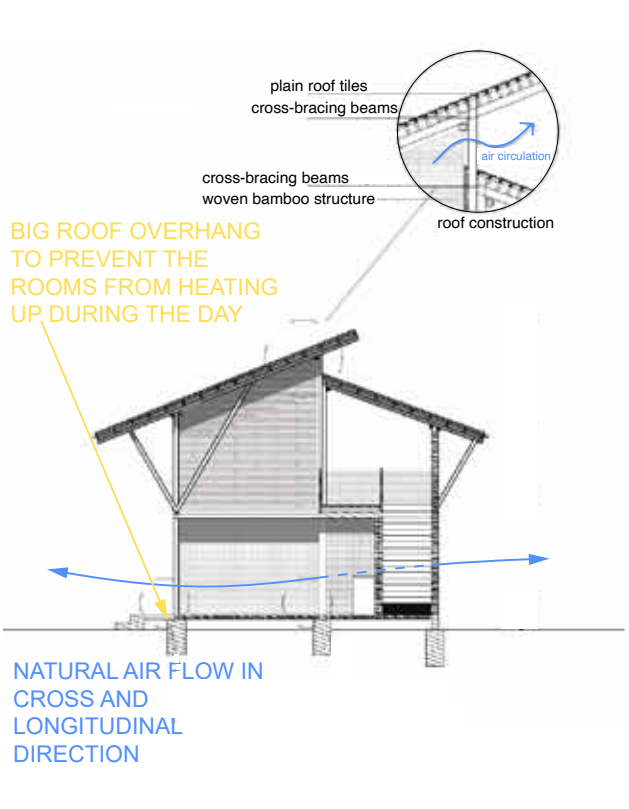

plain roof tiles
cross-bracing beams
air circulation
cross-bracing beams
woven bamboo structure
roof construction
BIG ROOF OVERHANG TO PREVENT THE ROOMS FROM HEATING UP DURING THE DAY
NATURAL AIR FLOW IN CROSS AND LONGITUDINAL DIRECTION

Figure 7. Natural air flow and combination of earth and bamboo for a good indoor climate.
© BASEhabitat, Photos: Paul Eis.

and the necessity for increased roof overhangs became apparent after the first testing phase. Extreme weather events triggered by climate change are also increasing in Thailand, and architecture will have to pay much more attention to these challenges in the future.

4.4. REGENERATIVE MATERIALS SOURCED LOCALLY

The fundamental structure of both the community house and the guest houses is constructed of locally sourced bamboo, which has undergone a treatment process on-site. This is a novel approach in the region and has motivated the NGO to plant their own bamboo forest so they can produce their own sustainable building material. When planning the bamboo construction, care was taken to design it as independently of the walls as possible, so that individual poles can be replaced if necessary. A strategy to keep maintenance simple.

The ground floor of the community house was made of fired bricks to guarantee stability in case the building should be flooded. The first floor of the community house is constructed of bamboo, filled with a mix of earth and straw, plastered inside with clay and outside with lime. The walls of the guest houses are made of adobes that were produced on site and finally plastered with earth, on the outside combined with lime.

The roof covering experiments utilized recycled panels made from Tetra Pak. The performance in terms of noise absorption and temperature was great compared to sheet metal, but there were difficulties with durability. It remains to be seen whether the roof of the community house will need to be replaced in the future.
To improve the thermal performance of the conventional corrugated sheet metal in the guest houses, the ceiling was covered with bricks.

The earth for the construction came directly from the neighbourhood and only needed to be mixed with sand for processing. Various tests have shown positive results from the addition of plant fibres, they were available as waste materials from the farm of the NGO. The adobe contains rice husks and rice straw, as does the wattle and daub mixture. Rice husks and thin fibres were added to the clay plaster (Fig. 8).

Apart from corrugated iron sheets for the roof, and wood for windows, doors and stairs, it was possible to keep transport distances for the building materials extremely short.

4.5. LOCAL IMPACT

It is a great success for the NGO that they can now produce their own building materials at low cost. They have learned

Figure 8. Testing earth mixes and bamboo onsite and at the SUT laboratory.
© Marta Rota, Samjuthka Rajeev.

to make building materials out of local earth and treat their own bamboo for construction. It is their aim to pass on the knowledge they have gained to other interested parties in the region. Independence from world market prices is an important quality when using regenerative materials.[8] The craftspeople involved could experience earth and bamboo as building materials, which was new for them, while they could contribute with a lot of practical skills and experience. Their input and feedback were very important during the design and especially in the building process. The BASEhabitat site manager was able to create a collaboration at eye level in which details could be developed together between students and craftspeople.

Over the years, workers have gained enough experience so they can maintain the building and adapt parts if needed. They know very well how to repair walls and plaster if it should be necessary.

The Baan Doi project is open to visitors and therefore has the potential to promote buildings made from renewable materials Everyone involved in the construction, including the NGO team and some of the children, learned how to build with earth and bamboo. It is to be hoped that these techniques will be copied in the region. The feedback from current users regarding living comfort and indoor climate is very positive.

CONCLUSION

The role of architects is often limited to the design, which is then realised by someone else. The lack of collaboration between designers and builders and all the other players in the building process leads to poor quality, both in design and construction. If we want to take a step towards circular architecture, the various players in the entire architecture process from research to construction to reuse need to work together and bridge the gap between the different disciplines.

The interaction of many players in the construction industry makes it necessary to promote innovation through joint experimental construction projects and to build up new knowledge among all those involved. This means that, in addition to training, ambitious experimental projects are also required to drive implementation forward.

The two construction projects Haegi Wendls and Baan Doi show, how enriching it is for everyone involved when the exchange between university and applied construction takes place on a real construction site. In both projects it was due to collaboration, that results could be achieved, which otherwise would not have been possible. A lot of impulses have been set and the openness of both projects is a good prerequisite for follow-up projects. In order to establish earth and other regenerative materials as a standard in architecture, we need a network of pioneers and innovators.

Universities should offer a testing field for innovation and experiments and take care to spread knowhow and experience among all the various stakeholders in the construction sector. In the future, it will be important to offer more practical training in the use of regenerative materials for students and to expand such programmes for apprenticeship training and further education for construction workers. This will be an important step towards making collaboration a common practice.

As providers of innovation, universities should take their third mission seriously. The urgently needed paradigm shift in architecture can only be achieved through transdisciplinary approaches and solutions developed together with society and business. Universities have the important role of bridging this gap and providing students in education and training with the necessary knowledge and experience, so that they can become builders of change.

BIBLIOGRAPHY

Bergmann C. (2019). *Prozesse entwerfen, eine Strategie für die Zukunft des Bauens*. Birkhäuser, Basel.

Energieinstitut Vorarlberg, Sanierungsgalerie. https://www.sanierungsgalerie.at/projekte/sanierung-h%C3%A4gi-wendls (05/04/2024)

Habert G. (2023). "Regenerative Consruction is About Much More Than Just Carbon and Circularity", In: Hörmann F. (Ed.) (2023), T*he Real Deal. Post-Fossil Construction for Game Changers*, Ruby Press, Berlin, p. 14–17.

Hebel, D., Heisel F. (2022). *Besser, weniger, anders Bauen, Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft*, Birkhäuser, Basel.

Heringer, A., Blair Howe L., Rauch, M. (2022). *Upscaling Earth, Material, Process, Catalyst, gta Verlag*, ETH Zürich.

Milstein, M. (2022). "Disruptive Innovation", In: Hebel, D., Heisel F. (Ed.), *Besser, weniger, anders Bauen, Kreislaufgerechtes Bauen und Kreislaufwirtschaft*, Birkhäuser, Basel, p. 128 – 130.

Schwantner, U. et al (2022). "Rethinking Space and Materials". In: Verissimo C. and Burnay D., *Emerging Voices on New Architectural Ecologies*, Circo de Ideias, Lisbon, p. 91 -101.

AUTHOR'S BIOGRAPHICAL NOTE

Ulrike SCHWANTNER, born 1976 in Linz, is a senior scientist at BASEhabitat, a studio at the University of Arts Linz, Austria. After studying Urban and Regional Planning in Austria and Argentina, she has been dealing with sustainable city development, participatory processes, and the implementation of regenerative materials in architecture.

8. Habert, G. (2023), p. 15

BUILDING CAPACITIES TO PROTECT, PROMOTE AND TRANSMIT EARTHEN HERITAGE. AL AIN, ABU DHABI, AS A REGIONAL MODEL.

Felipe GUTIERREZ, Department of Culture and Tourism of Abu Dhabi (DCT), UAE (Conservation – Archaeological Sites Unit Head - Historic Environment Department). (fgutierrez@dctabudhabi.ae)
Ahmed AQEEL AQEEL, Department of Culture and Tourism of Abu Dhabi (DCT), UAE (Conservation - Historic Buildings Unit Head - Historic Environment Department). (aqeel.aqeel@dctabudhabi.ae)
Amel CHABBI, Department of Culture and Tourism of Abu Dhabi (DCT), UAE (Conservation Section Head - Historic Environment Department). (amel.chabbi@dctabudhabi.ae)

SUMMARY

Within its long-term cultural strategy, and as part of its strategic initiatives, the Department of Culture and Tourism – Abu Dhabi (DCT Abu Dhabi) has positioned itself as a regional leader in promoting and building capacity in earthen heritage conservation. Through collaborative efforts with international institutions, in-house training, and strategic partnerships, DCT Abu Dhabi has been able to address gaps locally and regionally in the traditional construction techniques for the conservation of earthen heritage.

This paper aims to explore DCT Abu Dhabi's approach to capacity building strategy for earthen heritage which has considered 3 target groups: first, professionals both regionally and internationally to provide them with the theoretical and analytical knowledge as well as hands-on skills; second, the local community by training educators who can implement engaging outreach programs for students, youth, and the general public at large; and third, the construction market by training construction staff and enhancing the skills of builders and masters.

DCT Abu Dhabi has succeeded within the past few years in training 43 local artisans, 46 professionals internationally, and 1500 members of the general local public.

INTRODUCTION

The conservation of earthen architecture is inextricably linked to the preservation of building practices and traditional know-how. The sourcing and preparation of materials as well as the construction techniques derive from inherited traditions molded from the geographic context and local environment. In the Emirate of Abu Dhabi, the tradition of the earthen vernacular was progressively replaced with modern construction techniques in the late 1950s and with it, the local know-how began to be lost, though, in the late 1960s, the first efforts to repair and restore earthen architecture monuments such as forts were initiated by the late Sheikh Zayed Bin Sultan Al Nahyan, founding father of the United Arab Emirates. At the time, a small team of skilled artisans and master builders were responsible for such works and were also commissioned to build earthen monuments to commemorate lost ones. The choice of earthen architecture as a symbol of traditional indigenous architecture was telling of its cultural significance back then. The appreciation of this type of architecture endures. Much of the earthen built heritage of Abu Dhabi Emirate is concentrated in the city of Al Ain, within the boundaries of today's World Heritage serial property of "The Cultural Sites of Al Ain".

Today, the conservation of earthen architecture of Abu Dhabi Emirate is undertaken by the Department of Culture and Tourism – Abu Dhabi (DCT Abu Dhabi). DCT Abu Dhabi aims to protect, preserve and promote the tangible and intangible heritage of the Emirate. Within its long-term

cultural strategy, and as part of its strategic initiatives, DCT Abu Dhabi identifies and safeguards the historic environment of Abu Dhabi and aims to celebrate and revive the Emirate's architectural identity. The former rests on the principle that the conservation of the built heritage respects the authenticity of the tangible and intangible attributes of earthen cultural sites', which rests on ensuring that traditional building techniques and materials are promoted, enhanced, revived and transmitted for and within the Emirate. But DCT Abu Dhabi's cultural vision extends far beyond the UAE's borders. Earthen heritage is a shared heritage, and legacy of humanity and therefore there is a need to build capacity in order to foster cross-cultural exchange and cooperation and promote international best practice.

DCT Abu Dhabi's capacity building strategy for earthen heritage has considered 3 target groups: first, professionals both regionally and internationally to provide them with the theoretical and analytical knowledge as well as hands-on skills; second, the local community through engaging outreach programs for students, youth, and the general public at large; and third, the construction industry by training construction staff and enhancing the skills of builders and masters.

For all three levels, programs were developed drawing from the local experience and internal best practices. Each was derived from a need and catered to a level of skill or knowledge of the target audience. Each program was implemented to maximize the potential for the learning outcomes to be directly applied and disseminated. Each program was developed with its own methodology, which will be further explained.

1. EARTHEN ARCHITECTURE COURSE (EAC) IN PARTNERSHIP WITH THE GETTY CONSERVATION INSTITUTE (GCI) (2018 + 2022 + 2025)

In 2017, DCT Abu Dhabi signed a first Memorandum of Understanding (MoU) with the Getty Conservation Institute (GCI), reflecting common goals and joint collaboration in the fields of preservation and conservation, and specifically offering training in the conservation of earthen architecture.

This 1-month long course is targeted to mid-career professionals (architects, engineers, archaeologists, conservator/restorers, scientists) from the Middle East, North Africa, and South Asia (MENASA). The regional focus of the course is based on the common observation that there are few international professional training opportunities for staff managing earthen cultural heritage and monuments in the region. In many regions of the world, including the UAE, earth has traditionally been used as a construction material to build houses, public buildings and monuments. Unfortunately, earthen structures around the world are rapidly disappearing due to destruction during conflict, abandonment, climate change, and replacement with modern materials. Earthen heritage is prevalent in the MENASA region, however, there are few training opportunities for professionals in the region working on the protection and conservation of earthen structures.

The course builds on the good conservation practice implemented by DCT Abu Dhabi on the earthen sites of Al Ain and using the expertise of the Getty Conservation Institute. The course reflects advances in practice, science, and technology for the conservation and rehabilitation of earthen sites, buildings and structures. Led by local and international experts, participants used Al Ain as an open-air laboratory to learn practical, hands-on methods for preserving earth buildings and archaeological sites. Course topics include documentation and recording, materials analysis, condition assessment and diagnosis, as well as conservation methods ranging from emergency structural interventions to rehabilitation, adaptive re-use, and long-term maintenance.

Following a gap analysis and consultation with the core instructors of the course, the curriculum for the course was developed and enhanced following each edition. The course's first editions were held in 2018 and 2022. In 2022, a robust exercise on the conservation of urban earthen settlements was developed to enrich the curriculum. In the third edition planned for 2025, the course will also highlight threats that climate change poses to earthen architecture, and its potential as a sustainable alternative. In addition, with this upcoming edition, training materials for earthen architecture conservation will be published in English and Arabic so that they can be widely disseminated adapted to other regions and languages.

The course has created a stable and reliable training opportunity that balances a theoretical foundation in conservation and management with emphasis on practical methods and hands-on experience. It has built a robust

Figure 1. Field exercise in Bin Ahmad Al Dhahiri House together with the participants.
© DCT Abu Dhabi.

regional professional network for the conservation of earthen architecture and is now in high demand. Over 110 applications have been received for the 2025 edition of the course, of which only 20 will be selected. The past two iterations have seen 46 participants successfully complete the course. (Fig. 1)

2. EDUCATIONAL TOOLKIT ON BUILDING WITH EARTH TRAINING - MALLETTE PÉDAGOGIQUE[1] «ÉLÉMENTERRE» IN COLLABORATION WITH CRATERRE (2022)

As part of the Holistic Conservation and enhancement of the Iron Age archaeological site of Hili 2, completed by DCT Abu Dhabi together with CRAterre between 2017-2019, component of the Cultural Sites of Al Ain inscribed in the UNESCO World Heritage List as a serial property[2], CRAterre developed a version of the «ÉlémenTerre» educational kit which included an archaeological add-on based on what was learned throughout the conservation project. This adapted version was created to achieve DCT Abu Dhabi's aim to promote the Emirate's earthen built heritage.

«ÉlémenTerre» is a pedagogical tool developed by CRAterre[3] that defines a new understanding of earth as a material. This scientific and educational kit helps to understand the transformation of earth as natural material into a sustainable and recyclable building material.

The kit developed for DCT Abu Dhabi included a series of engaging scientific activities and experiments selected from the hundreds of experiments developed by CRAterre in the framework of the "Grains de bâtisseurs" research program (literally «Grains of Builders»).

Once the kit was produced, CRAterre developed a training focused on the three main themes of the kit: grains, air/water, and strengths, including both a theoretical basis and an interactive practical part. Six cultural mediators from the Department of Education and Visitor Services of DCT Abu Dhabi discovered, over a period of four days, the properties of earth, as a building material, understanding why and how it is possible to build with it and learned how to present and demonstrate the use of the kit, including its archaeological supplement to raise awareness of Hili 2 earthen building techniques, materials and the conservation interventions implemented on the site. The training concluded with a public presentation. (Fig. 2)

DCT Abu Dhabi was particularly interested in having the «ÉlémenTerre» educational kit to be able to offer to a wider and diverse target audience an introduction to earthen

1. https://craterre.hypotheses.org/files/2019/03/Elementerre.pdf
2. https://whc.unesco.org/en/list/1343/
3. https://craterre.hypotheses.org/3187

Figure 2. Trained Mediators during public presentation.
© DCT Abu Dhabi.

architecture, transfer knowledge by the most practical means and techniques for conveying key concepts and to use it as a tool for education, outreach and public awareness of Abu Dhabi's rich earthen heritage, part of DCT Abu Dhabi's strategic goals for education and the historic environment.

Since the training was conducted in September 2022, the cultural mediators have used the kit at different cultural and historical sites in Abu Dhabi and Al Ain, and as part of outreach programs and cultural events. The content has been presented to more than 1,500 people.

3. WORKFORCE CAPACITY BUILDING IN COLLABORATION WITH SOHATH-100 HANDS (2021-2023)

DCT Abu Dhabi is privileged to have a group of artisans, who are still the guardians of the know-how for the construction and the conservation of earthen heritage sites of the Abu Dhabi Emirate. Some of them have been working with DCT Abu Dhabi for the past 50 years and they have transmitted part of that knowledge to the next generation. Though, there has been less depth of knowledge, interest, passion and understanding of these traditional materials and techniques in their younger peers.

DCT Abu Dhabi initiated a collaboration with "SoHath -100 Hands Foundation for Building Artisans" based in India, to conduct training programs for the workforce of builders and master craftsmen of DCT Abu Dhabi. The curricula were designed to refine and upgrade the building skill sets of the DCT Abu Dhabi workforce across three levels (basic, advanced and master) in the field of conserving Abu Dhabi's earthen heritage sites. These training programs aligned with DCT Abu Dhabi's strategic goals to enhance the skills and knowledge of artisans working in the field of conservation of earthen heritage in the region.

To test the training program before its implementation, "SoHath – 100 Hands", proposed to conduct a pilot training program (2021) that had as objectives (Fig. 3):

- Test the pedagogy, methodology, infrastructure arrangements and other ground realities,
- Test the proposed curricula for different levels of skills,
- Include all the different levels of capacities and knowledge,
- Include artisans from all the different sections of the Historic Environment Department of DCT Abu Dhabi (allowing the exchange of expertise and experience),
- Cover the entire spectrum of techniques and requirements of what earthen heritage conservation means.

To observe the functioning of the pilot training program, a continuous evaluation was conducted by a representative, each from the DCT Abu Dhabi and SoHath – 100 Hands, during the 10 days of the program. A follow-up session was

Figure 3. DCT Abu Dhabi artisans during the master training.
© DCT Abu Dhabi.

proposed as well, that had as objective to observe the artisans working during their routine works on different sites and see if they were incorporating what they had learned during the training program. While observing, identifying learning gaps and correcting those gaps during the ongoing work was the other objective. This follow-up lasted for 10 days as well. (Fig. 4)

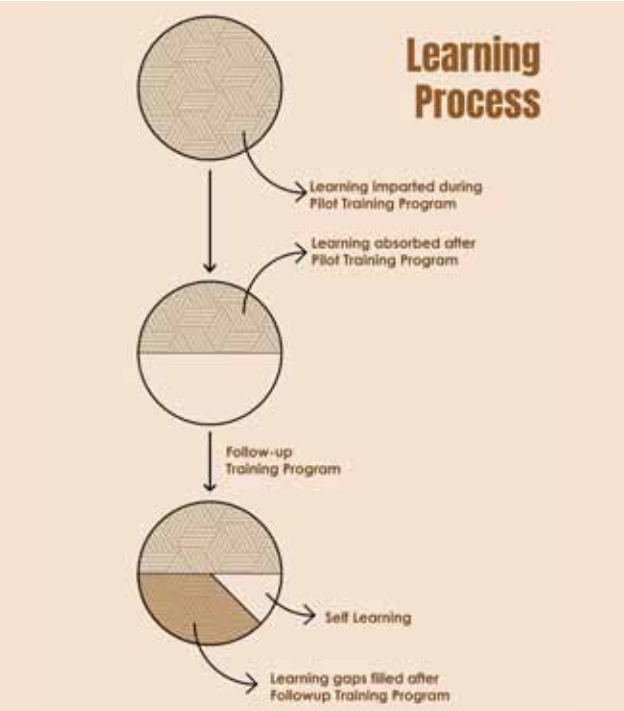

Learning Process
Learning imparted during Pilot Training Program
Learning absorbed after Pilot Training Program
Follow-up Training Program
Self Learning
Learning gaps filled after Followup Training Program

Figure 4. Learning Process, SoHath -100 Hands Foundation for Building Artisans.
© DCT Abu Dhabi.

The result of the Pilot training program and its follow-up training provided all the needed information to fine-tune the final training programs that were called 'Relearning with Earth' and were divided as follows: Basic (2022), Advanced (2023) and Masters (2023) training programs for different groups of artisans based on their skill sets.

Evaluating a training program is an important process since it helps in understanding the effectiveness, gaps, and needed improvements for upcoming and future training programs. Evaluation was also key to further refine the three main training programs. Evaluations were filled in by the artisans after the completion of each training program.

As an outcome of this initiative, 43 artisans from the Historic Environment Department at DCT Abu Dhabi were trained over a period of 2 years. They are now points of reference for their colleagues and spokespersons for what earthen heritage conservation means.

This training program also led to the creation of three conservation technical manuals in four languages – Arabic, English, Urdu and Hindi – that illustrate local principles, techniques and traditions of earthen construction, teachings and outcomes of the course, which are available online[4] and in hard copy at retail points[5].

4. IN-HOUSE TRAINING

While undertaking conservation works on several earthen heritage sites of Al Ain, the Conservation Section of the Historic Environment Department of DCT Abu Dhabi identified that although patterns, conditions and pathologies on those sites might be similar, on some occasions a new approach was needed, and a unique adapted solution was required (Ziegert et al., 2021).

Those occasions created an opportunity for DCT Abu Dhabi to collaborate with external experts and professionals, such as ZRS Ingenieure (ZRSI) from Berlin, to answer the challenges found, while carrying out in-house trainings allowing the artisans of DCT Abu Dhabi to implement solutions while learning how to solve challenging issues using new materials or techniques and exploring different responses and approaches to particular conditions.

One of those atypical interventions was the rectification of leaning walls that presented structural instability. Such has been the case for sites like Bin Bodowwah House, Jahili Fort and Murab'a Fort. The three sites presented the same need, but with particularities specific to each of them. Nevertheless, the challenge was the same: to design and build a scaffold system, that would prevent collapse while facilitating the process of straightening the wall back to an axis that would allow it to stand without the need of lateral support.

The artisans worked collaboratively with the specialists to erect the scaffolding, structurally consolidate the base of the wall, evenly push the entire surface of the wall, to prevent it from breaking, while constantly checking and analyzing the tilt and angle of the wall and to stitch it to the rest of the masonry once it was again in a stable position. (Fig. 5)

Another case was needling by installing fiber glass bars to re-establish the needed stability of structural elements. This was the case at Murab'a Fort where the expert worked together with HED artisans on the central column of the staircase where, due to differential settlements, the loads had transferred to the column and caused an overload which was evidenced through extensive cracking. (Fig. 6)

4. https://swipebooks.abudhabiculturesectorpublications.com/Relearning_IllustrativeManual
5. https://www.amazon.ae/dp/B0CRHRVGTB?ref=myi_title_dp
https://www.amazon.ae/dp/B0CRLC75FW?ref=myi_title_dp

Figure 5. Rectification of leaning boundary wall in Jahili Fort.
© DCT Abu Dhabi.

Figure 6. Needling of the staircase column of Murab'a Fort.
© DCT Abu Dhabi.

Figure 7. Metal frame working as load-bearing element in Qattara Souk.
© DCT Abu Dhabi.

The specialist taught the artisans not only on how to prepare the wall to install the fiber bars, but also to create the different needed mortars that create a bridge between the high strength of the needle and the low strength of the earth block masonry (Ziegert et al., 2021). The artisans learned as well how to cover and protect the bars and to moisturize the mortars during the following two weeks to allow a humid cure.

This knowledge allowed the artisans to replicate the same procedure, without the need of supervision from the specialist to the four corners of the tower, to re-join the transversal internal walls with the external facades and to stitch an external shell with the core of the wall. This intervention has now become a tool to resolve specific conditions, and the artisans have the capacity to apply it in future occasions.

Finally, in some cases, the conditions and the conservation aim of the site demanded an innovative solution. Such was the case of Qattara Souk and Bin Hadi House, where the found conditions required the design of an external metallic/steel structural element to be installed either next to or within the original fabric of the site, ensuring the stability of the site and preserving its authenticity. In the case of the Souk, it was designed as well to provide safety to the visitors while showcasing both the intervention and the original fabric (Fig. 7)

The artisans worked during the preparation of the areas where the structures were installed and participated in their installation.

Involving the artisans during all stages of those projects was important in showing them that challenging problems require innovative solutions and that in some cases we can explore different responses and use non-earth materials for these heritage sites, whilst preserving the significance and values of the sites.

This critical thinking still accompanies them today when faced with a challenging condition at any of the earthen heritage sites, where they can further explore and propose solutions on how to resolve the issues with a non-common approach.

5. LOOKING FORWARD

The Department of Culture and Tourism – Abu Dhabi (DCT Abu Dhabi) will continue its efforts in the field of capacity building and preserving traditional construction techniques as part of the strategic vision as a department. Thanks to the aforementioned trainings and initiatives, some gaps in the field of earthen conservation knowledge in the market have already been addressed. DCT Abu Dhabi will aim to try to close the remaining gaps through future programs and expand them across various levels, both locally and regionally. Some of the upcoming plans include:

Contractors Training Program: In DCT Abu Dhabi, we have faced the issue of finding suitable local contractors who have knowledge in the field of conservation or earthen construction. Therefore, DCT Abu Dhabi, in collaboration with SoHath – 100 Hands, will be designing a specially tailored curriculum and training program for professionals and workforce working under local contractors on projects related to heritage sites. This specialized training program will be adapted to provide the contractors with the necessary skills and knowledge, focusing on practical hands-on training sessions as well as theoretical modules to ensure effective execution of large-scale rehabilitation projects of earthen heritage sites.

Collaboration with the Facility Management team for activated heritage sites: DCT Abu Dhabi will extend its training programs to include facility management professionals and their contractors. By enhancing their understanding of earthen heritage conservation principles, DCT Abu Dhabi aims to ensure the sustainable maintenance, day-to-day care, and preservation of the activated heritage sites under their responsibility.

Collaboration with Local Universities: DCT Abu Dhabi is establishing partnerships with local universities to integrate earthen heritage conservation into academic curricula and to offer internship programs. By incorporating specialized courses and workshops, DCT Abu Dhabi aims to develop a new generation of professionals with a deep understanding of earthen heritage conservation, therefore ensuring sustainability in conservation efforts.

CONCLUSION

In conclusion, the DCT Abu Dhabi is devoted to its commitment to capacity building and the preservation of traditional construction techniques for the conservation of earthen heritage. Through collaborative efforts with international institutions, in-house training, and strategic partnerships, DCT Abu Dhabi has positioned itself as a regional leader in promoting earthen heritage conservation. DCT Abu Dhabi has succeeded within the past few years in training 43 artisans, 46 professionals, and 1500 members of the general public. Some of them have been exposed to this field for the first time. Looking ahead, DCT Abu Dhabi's aims to build additional training programs targeting construction contractors and facility management service providers as well as university students which will not only benefit the local needs in Abu Dhabi and UAE but will also have a significant regional impact. By sharing expertise and best practices, DCT Abu Dhabi contributes to elevating conservation standards across the MENASA region, therefore safeguarding cultural heritage for present and future generations. Through these efforts, DCT Abu Dhabi ensures the effective transmission of knowledge and the preservation of cultural heritage and reinforces the UAE's commitment to cultural heritage safeguarding.

BIBLIOGRAPHY

Marcus, B., Cancino, C., Himmel, A., Declet, N., Chabbi, A., Aqeel, A, and Gutierrez, F. "International Course on the Conservation of Earthen Architecture, Abu Dhabi: development of a comprehensive regional training initiative," presented at *Terra 2022 World Congress on Earthen Architecture,* Santa Fe, NM.

Ziegert, C., Aqeel, A., Gutierrez, F. "Individual engineering solutions for structural problems in earthen buildings in the Al Ain World Heritage Site," presented at *Terra 2022 World Congress on Earthen Architecture*, Santa Fe, NM.

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Felipe GUTIERREZ is a Colombian Architect currently working as Building Conservator of earthen heritage buildings and as Conservation – Archaeological Sites Unit Head at the Department of Culture and Tourism in Abu Dhabi (UAE). He holds a master's degree in Earthen Architecture from CRAterre-ENSAG in France. Through his practice he looks for high-quality sustainable solutions that highlight constructive cultures and help to preserve local traditions on World Heritage sites.

Ahmed AQEEL AQEEL is an Architect graduated from the UAE University. Since 2003, he has been working as a Conservation Architect in the field of Cultural Heritage management and conservation of Abu Dhabi's built cultural heritage. He occupied different levels positions in this field covering documentation, survey, oral history collection, managing conservation projects, tourism development of sites, etc.

Amel CHABBI heads the Conservation Section at the Department of Culture & Tourism - Abu Dhabi, overseeing the planning and implementation of conservation and management measures, policies and guidelines for the built heritage. A graduate in Historic Preservation from the University of Pennsylvania with a specialization in conservation science, she has been a board member of ICOMOS international and is a member of ICOMOS-UAE and the ICOMOS-ISC20c.

OPENNESS, DIVERSITY AND INTERACTIVITY: EXPLORING AN INFORMAL EDUCATIONAL APPROACH FOR EARTH CONSTRUCTION IN CHINA.

Shuang TANG, Beijing University of Civil Engineering and Architecture (11081300230l6@stu.bucea.edu.cn)
Jun MU, Beijing University of Civil Engineering and Architecture (mujun@bucea.edu.cn)

SUMMARY

In recent years, significant progress has been made in China's research and practical application of earth construction technology, leading to an improved public perception of earthen architecture. However, the lack of accessible learning opportunities has resulted in a superficial understanding of its core values and contemporary potential. Individuals interested in exploring and using this technology often face barriers to gaining in-depth knowledge. To address these challenges, our team has developed an open, diverse, and interactive educational approach to expand earth construction education beyond academic settings to the public. Given the diverse backgrounds of stakeholders, the team has employed a variety of educational forms, including construction practice, exhibitions, workshops, and their combinations. The team's goal is not only to provide participants with opportunities to understand and engage in earth construction but to encourage them to rediscover the wisdom and potential of traditional Chinese building techniques represented by earthen construction. Since 2011, nearly 50 informal educational activities have been conducted across more than 20 regions in China. These initiatives have received active participation and positive feedback from diverse stakeholders, demonstrating the viability of this approach.

INTRODUCTION

Earth is one of China's oldest and most widely used materials in building traditions. Over the past few years, natural material-based construction techniques have regained attention in China, with the worsening ecological environment, the promotion of rural revitalization, and the renewed emphasis on traditional culture (Miao, 2021). Amid this trend, the research and practice of domestic earthen architecture have progressed in two key directions: refining traditional local techniques and incorporating advanced overseas construction technologies.

Despite innovative research and practice, the influence of earthen architecture in China remains limited. Since the late 20th century, the marginalization of earth construction, driven by industrial building materials and modern architectural trends, has caused a sharp decline in craftsmen skilled in traditional earth construction techniques (Meng, 2018). Moreover, systematic scientific research on earthen materials has been largely confined to universities, restricting the broader dissemination of these techniques. Consequently, the potential of earth construction remains underexplored. The focus has shifted from asking "why earthen architecture" to addressing "how to implement it" and "what it could become".

To address the challenges in disseminating earth construction technology in China, it is essential to extend education on earthen architecture beyond universities to include the public and professionals. Supported by the Ministry of Housing

and Urban-Rural Development (MOHURD), Wu Zhi Qiao Charitable Foundation (WZQCF), and CRATerre-ENSAG, our team named Onearth Studio, composed of faculty members and graduate students from Beijing University of Civil Engineering and Architecture (BUCEA) and Xi'an University of Architecture and Technology (XAUAT), has integrated research, teaching, practice, and public outreach, offering a series of educational programs on earth construction aimed at students, craftsmen, professionals, and the public. This initiative in informal education seeks to establish a foundational understanding of earthen materials and techniques, highlight the core values of earthen architecture, and provide a pathway for those interested in exploring and applying these techniques.

1. BACKGROUND AND CHALLENGE

In recent years, domestic universities such as the BUCEA, XAUAT and the China Academy of Art have actively explored contemporary Chinese earth construction techniques. These studies have systematically improved earthen architecture's mechanical, thermal, and ecological properties, with enhancements in load-bearing capacity and seismic performance. Building on the research foundation, villagers in some rural areas with a tradition of earthen construction have adopted improved modern rammed-earth techniques to renovate their homes. Modern rammed-earth technology has been increasingly applied in cultural tourism and commercial buildings, significantly influencing public perception. These advancements are largely driven by government support. Furthermore, developing China's first earth construction standards further underscores the increasing focus on this material within the construction industry.

However, the modern construction industry's increasing specialization has created significant barriers between China's research, education, production, design, and construction sectors (Li, 2016). Additionally, recent educational and technical training efforts have primarily targeted university students and craftsmen, limiting the broader adoption of modern earth construction. The obstacles can be categorized into two areas:

1) Conceptual barriers: The public lacks awareness of modern earth construction's core values, mechanisms, and potential applications. The growing appreciation for earthen architecture stems from the overarching values of sustainable development or cultural heritage preservation. Most people, especially villagers living in traditional rammed earth dwellings, remain sceptical about earthen houses' mechanical and durability performance. Moreover, to replicate the texture of earthen materials, imitation rammed earth decorative coatings or panels made from materials such as cement, diatomaceous earth, and gypsum have become widespread in the market.

2) Application barriers: Individuals interested in building with earthen materials lack reliable technology. Furthermore, the absence of opportunities for learning earth construction techniques hinders coordination among professionals in different sectors, while the full realization of modern earthen buildings' performances depends on the seamless cooperation between material research, architectural and structural design, and onsite construction.

2. METHODOLOGY

Unlike today, most rural areas in China adopted a collective and mutual-aid approach to building houses, where the construction process also served as a means of exploring, applying, and transmitting construction techniques. In this way, basic construction knowledge and methods became part of the villagers' common life experience. They were inherited through generations of frequent interaction and collaboration among the people over thousands of years (Pan, 2020).

Inspired by traditional construction models and knowledge transfer methods, the research team has explored an informal educational approach to earth construction guided by the principles of openness, diversity, and interactivity:

1) Openness: The aim is to engage and mobilize various stakeholders in earth construction, including architecture students, craftsmen, professionals, and the public.

2) Diversity: This involves tailoring educational formats and content to meet the needs of different target groups. Educational formats for technology training include hands-on construction practice, providing participants with practical experience. Additionally, comprehensive exhibitions offer a foundational understanding and showcase the potential of earthen materials. Workshops further allow participants to directly engage with and perceive the properties of earthen materials.

3) Interactivity: This principle focuses on connecting diverse participants through shared activities, enabling them to acquire essential knowledge and skills in earth construction through collaborative learning and meaningful exchange. Highly flexible and relaxed workshops can serve as versatile tools, combined with practices or exhibitions, to further enhance engagement and interactivity within educational activities.

Based on the principles above, the team has made efforts in the following five informal educational formats for earth construction in recent years (Fig.1):

1) Earth construction practices: To provide technical training for postgraduate students and craftsmen. Students assume roles such as architect and construction manager, collaborat-

ing with local craftsmen to gain hands-on experience. The aim of practical training is to help villagers regain confidence in traditional building techniques while improving their skills under the guidance of scientific principles, thereby creating more employment opportunities.

2) Practice-based workshops: Targeting multidisciplinary students, the team has held annual workshops to expand the demonstration effect of earth construction in rural areas since 2011. These workshops invited volunteer students from China and abroad to live and work alongside local villagers, achieving multiple goals such as hands-on construction experience, fostering ecological awareness, and promoting public welfare and poverty alleviation.

3) Exhibitions: To effectively popularize basic knowledge of earth construction among the public, the team has organized or participated in more than 10 domestic exhibitions since 2012. These exhibitions use creative display methods to comprehensively introduce the public to earth construction techniques, culture, and applications.

4) Exhibition-based workshops: To facilitate a direct understanding of earthen materials, the team also organized craft exploration and public experience workshops before or during exhibitions, combining systematic knowledge with hands-on engagement.

5) Thematic workshops: These workshops were designed for professional training and parent-child activities. Professional workshops openly recruited architecture students, professionals, and NGO members, providing a deep understanding of rammed earth methods and fostering exchange and collaboration among participants from diverse backgrounds. Parent-child workshops focused on stimulating children's perceptions, creativity, and curiosity through touching and shaping the natural earthen material and developing a sense of environmental sustainability from a young age.

3. CONSTRUCTION PRACTICE AS TECHNICAL TRAINING FOR POSTGRADUATE STUDENTS AND CRAFTSMEN

Authorized by the MOHURD, in 2011, the demonstration project for modern rammed earth housing was launched by WZQCF with the technical support of CRAterre-ENSAG in Macha village, where rammed-earth construction is traditionally practiced (Mu, 2016). The team led graduate students to collaborate with local villagers and craftsmen through experiments and practical research. Several breakthroughs were made in vital technical aspects such as material composition, machine system, structure and construction system, resulting in developing a modern rammed-earth construction system tailored to rural conditions. This "new" traditional technology proved user-friendly for craftsmen and students, enabling practical construction as a training method. Building on this success, subsequent practices have focused on two complementary objectives: disseminating improved rammed-earth housing in rural areas and applying earth construction techniques in modern commercial and cultural architecture (Fig.2).

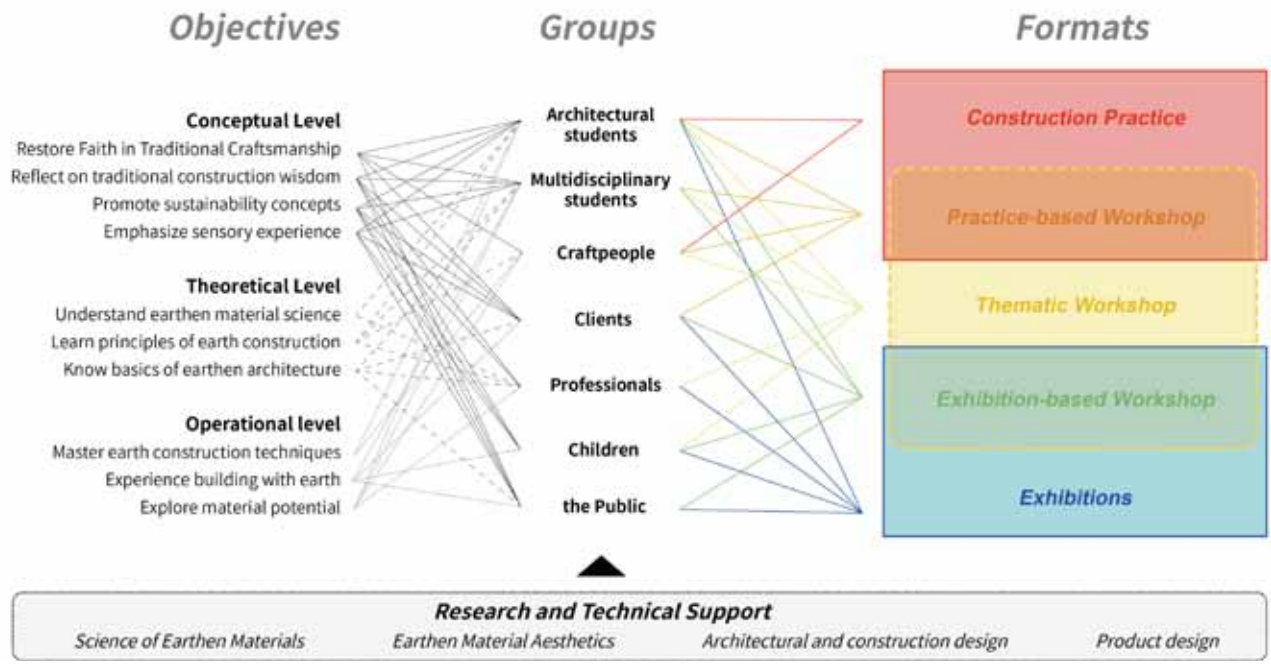


Figure 1. Objectives, groups and forms of the informal educational approach to earth construction.
© Autors.

Demonstration and Dissemination in Rural Construction
Modern Earthen Architectural Design and Application Practice

Figure 2. Distribution of Demonstration and Practice.

© Onearth Studio.

3.1. DISSEMINATION OF UPGRADED RAMMED-EARTH HOUSES IN RURAL AREAS

For demonstrations of rammed-earth dwellings in rural China, a training team consisting of at least 2 well-trained craftsmen from Macha Village and 1-2 master's students instructs 10 to 15 local craftsmen or villagers in constructing a demonstration house using the new rammed-earth technology. The demonstration house's manageable size and short construction period allow students to engage in the entire process, from research and architectural design to on-site construction and performance evaluation, forming the basis for their thesis work. Throughout the process, students must tackle technical and social challenges independently, maintaining remote communication with the team. Students lived and worked with the villagers for 2 to 6 months, encouraging local villagers to maximize the use of locally available resources and traditional construction knowledge and adhere to principles of cost-effectiveness, ease of construction, eco-friendliness, comfort, and convenience.

Craftsmen familiar with traditional rammed-earth dwellings can quickly master the upgraded rammed-earth system with just one day of on-site training. During construction, knowledge exchange occurs between students and craftsmen, with students introducing new techniques and craftsmen sharing their traditional expertise. To further extend the impact, the team developed illustrated guides on the new earth construction techniques and conducted additional technical training for villagers and craftsmen. The research results have successfully propagated across 17 regions in China, constructing over 200 new houses or public facilities and training over 1,200 rural craftsmen and technicians since 2011.

3.2. MODERN COMMERCIAL AND CULTURAL EARTHEN ARCHITECTURE

In modern rammed-earth architectural projects involving the team, these skilled craftsmen were consciously introduced to project managers, asking them to control the critical aspects of the construction process. It created opportunities for the craftsmen to improve their livelihoods and shift their perspectives. Through involvement in diverse projects, such as community centres, hotels, and national cultural landmarks like the Erlitou Site Museum and the Life Experience Pavilion at the 2019 Beijing International Horticultural Exhibition, the villagers naturally no longer regarded their traditions as symbols of poverty and backwardness.

4. PRACTICE-BASED WORKSHOPS TOWARDS EXTRACURRICULAR DEVELOPMENT OF DIVERSE-BACKGROUND STUDENTS

To expand the demonstration of practical processes, give more students hands-on experience, and help villagers improve their living environment, the "Earth School" workshop, initiated by WZQCF, has been held annually during the summer since 2011. These 2-week workshops were based on constructing rammed-earth dwelling houses and public facilities. Around 30 student volunteers were recruited each year to live and work with villagers, guided by two resident community tutors and 1-2 master's students from the team. The workshops aimed not only to impart construction skills to the students but also to encourage reflection on the relationship between tradition and modernity, urban and rural life, and how they might contribute to improving poor villages.

a. Investigation & Experimentation *b. On-site Construction* *c. Maintenance & Social Service*

Figure 3. Three types of practice-based workshops. Macha Village, China.
© Onearth Studio.

Over the years, student volunteers have aided and confidence to villagers through three types of practice-based workshops (Fig.3):
1) The investigation and experimentation workshop: Before construction, students gained villagers' trust through on-site research, opinion surveys, and technical trials.
2) The on-site construction workshop: Student volunteers shared the villagers' workload, inspiring them to take greater initiative in renewing their homes.
3) The maintenance and social service workshop: After the houses were built, the volunteer teams from universities in the Mainland and Hong Kong jointly formed several community service groups. These groups promoted the development of the village community and broadened the value of the workshops by maintaining and improving buildings and facilities, organizing ecological activities for local children, and motivating villagers to form hobby groups and engage in cultural activities.

Approximately 500 university students have participated in the "Earth School" workshop, building a cultural link between China's cities and countryside.

5. THEMATIC AND PARTICIPATORY EXHIBITIONS ON EARTH CONSTRUCTION FOR THE PUBLIC

5.1. THEMATIC EXHIBITIONS

Based on the research and practice achievements, the team organized China's first public exhibition on earthen architecture for the public in 2017. The exhibition presented building traditions with earthen materials, the application mechanism, science and aesthetics of earthen materials, as well as the team's architectural practices and notable international examples of contemporary earthen architecture (Fig.4). The display utilized various forms, including graphic panels, soil samples, tools, technique samples, architectural models, earthen installations, videos, etc. The goal was to help the public rediscover China's earth construction traditions, understand the modern science behind earthen materials, and consider the role traditional techniques could play in sustainable development today.

In 2023, the team curated another thematic exhibition in Shanghai titled In Praise of Soils. This exhibition invited artists to create artworks using earthen materials alongside the team's near-human scale earthen artefacts, showcasing earth's rich and diverse expressive potential as a medium in contemporary design. To help the public better understand the exhibition's content, periodic lectures and guided tours were held throughout the exhibition period.

5.2. PARTICIPATORY EXHIBITIONS

In addition to organizing large-scale thematic exhibitions, the team has participated in several professional exhibitions, including the Bi-City Biennale of Urbanism\Architecture, the Chinese Folk Houses, and the material-focused exhibition named The Life of Things. These exhibitions, which highlight traditional dwellings, rural architecture, nature, and sustainable materials, provided platforms to demonstrate earthen materials' applications, potential, and value in various contexts (Fig.4).

Figure 4. Thematic exhibitions organized and relevant exhibitions participated by the team.
© Onearth Studio.

6. EXHIBITION-BASED WORKSHOPS AIMED AT CRAFT EXPLORATION AND PUBLIC EXPERIENCE

Beyond the final exhibition presentations, the team emphasizes the role of exhibition preparation in professional education and craft exploration while encouraging the public to gain hands-on experience with earthen materials. Therefore, craft exploration workshops for domestic and international university students were held before the exhibition, and experience and communication workshops open to everyone were conducted during the exhibition.

6.1. CRAFT EXPLORATION WORKSHOPS

Craft exploration workshops typically lasted 1-2 months and were held during summer vacation. The workshop process was divided into four stages to achieve multiple objectives (Fig.5):

1) Lectures and interactive classes: Led by teachers and graduate students, these sessions covered theoretical knowledge related to building traditions with earthen materials, material science, and the principles of craftsmanship.

2) Experiments and artistic creations: Participants gained an initial understanding of earthen materials through sensorial experience with substances, painting, clay sculpture, and dyeing. These activities helped deepen their knowledge of the earth's colours, textures, and physical properties while also stimulating creativity.

3) Teaching traditional and modern techniques: Participants learned and created samples of various earthen building techniques, including rammed earth, wattle and daub, adobe, and cob.

4) Designing and making exhibits: This stage involved creating exhibits based on the exhibition's content and participants' free exploration.

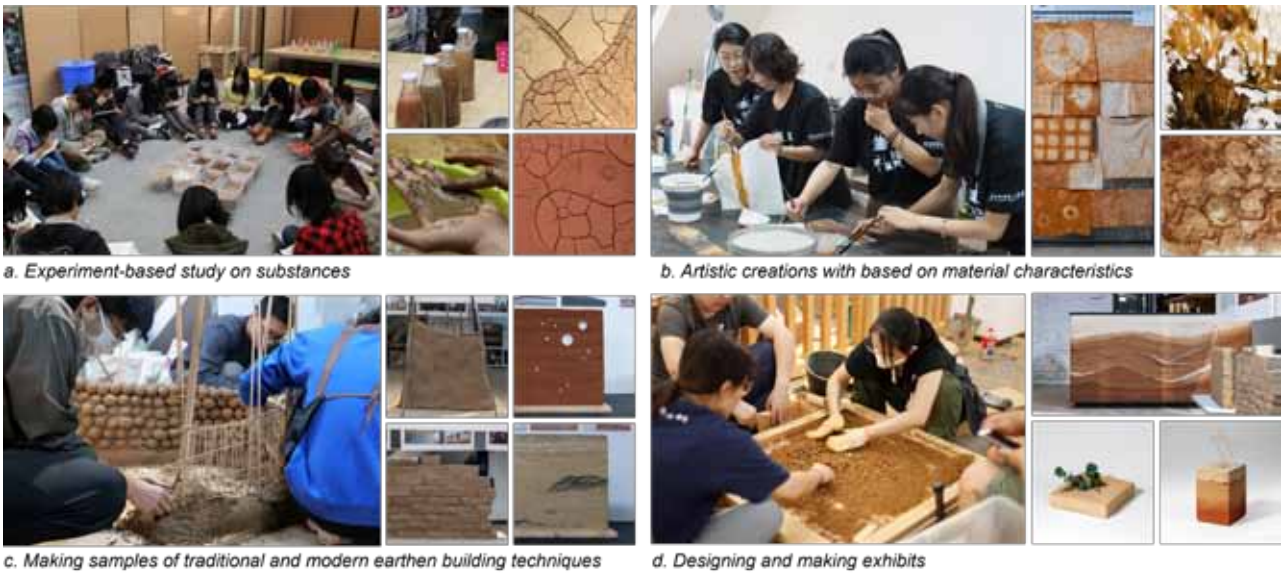
After workshops, some participants volunteered as guides and interpreters, engaging with the public to share their knowledge of earth construction techniques. It gave them a sense of fulfilment as they witnessed the recognition of their efforts.

6.2. EXPERIENCE WORKSHOPS

Experience workshops, held during the exhibition, typically lasted 1-2 days. These workshops aimed to invite the public to experience creating with earthen materials, offering a simplified version of craft exploration workshops. Rammed earth artefacts, which are easy to prepare and work with, served as the main medium. After briefly introducing the principles and mechanisms of the rammed-earth process, participants explored the possibilities of earthen materials by working with simple moulds, such as cylindrical and square forms, experimenting with colours and textures (Fig.6).

7. THEMATIC WORKSHOPS FOR PROFESSIONAL EDUCATION AND CHILDHOOD STUDIES

Based on practical experience and research, the team has gradually developed an educational platform for undergraduate and graduate architecture students within the university. Hands-on exploration of earthen materials and techniques in the undergraduate curriculum enhanced students' understanding of the relationship between materials and design (Mu, 2018). Building on this progress and responding to increased interest in earth construction technology, a professional training and communication workshop was held in



a. Experiment-based study on substances

b. Artistic creations with based on material characteristics

c. Making samples of traditional and modern earthen building techniques

d. Designing and making exhibits

Figure 5. The process of craft exploration workshops. XAUAT and BUCEA, China.

© Onearth Studio.

Figure 6. The process of exhibition-based workshops and various earthen works explored by participants. Shenzhen, China.
© Onearth Studio.

2019 at the Macha Village Earth Construction Demonstration Base. The workshop, supported by the Architectural Society of China (ASC) Earthen Architecture Branch, Beijing Advanced Innovation Center for Future Urban Design, and WZQCF, targeted architecture students, professionals, and NGO members. In 2023, the team collaborated with Aranya (a cultural tourism brand) and Qixing Camp Education to organize a two-day workshop, "Creating Things with Earth", combining the promotion of earthen crafts with child education.

7.1. PROFESSIONAL TRAINING AND COMMUNICATION WORKSHOPS

The week-long workshop combined lectures, hands-on practice, and collaborative activities. It was designed for 20 participants, divided into students, professionals (e.g., architects, engineers), and NGO members in a 3:4:3 ratio. The workshop covered five main areas:
1) Lectures and discussions: Experts and graduate students presented topics on traditional and modern earth construction techniques, material properties, seismic resistance, and sustainable rural development.
2) Operation and experience: This section covered soil perception and identification, principles and properties of earthen materials, and the design and production of rammed earth test blocks.
3) Site investigation and interviews: Participants visited traditional earthen dwellings, ruins, and modern rammed-earth prototype dwellings in Macha Village.
4) Design and construction: Small teams collaboratively designed and built a public facility for Macha Village using earth construction.
5) Sharing and communication: Evening sessions allowed participants to share professional experiences and workshop reflections.

This workshop's interactive approach combined theory and practice to enhance participants' understanding of earth construction (Fig.7). All activities occurred at a demonstration and training base featuring traditional and modern earthen buildings. This setting enabled participants to gain a deeper mastery of earth construction techniques while encouraging them to reconsider how traditional construction methods could be discovered, renewed, and preserved. Moreover, the

Figure 7. Earth-themed workshops for professional training. Macha Village, China.
© Onearth Studio.

collaborative design and construction process, like the traditional house-building process, aimed to foster interdisciplinary collaboration and help participants overcome professional boundaries in their future careers.

7.2. PARENT-CHILD WORKSHOPS

The parent-child workshop was designed for children ages 4 to 12. Under the guidance of workshop instructors and their parents, children used earthen materials to engage with the physical world and the creative process. The sessions aimed to cultivate the children's ecological awareness and aesthetic sensibilities rather than focusing solely on imparting knowledge or skills.

The workshop began with an introduction to earth's natural properties, along with the basic steps and possibilities of creating earthen crafts. Visual aids, such as photos and cartoons, helped children understand these concepts. Following this, children and parents collaborated in mixing earth and sand, during which instructors explained the different soil colours found in China. Water was gradually added, allowing children to observe changes in texture and properties at various moisture levels. In the final phase, participants chose coloured materials and used 3D-printed moulds to create unique earthen works.

Children displayed strong enthusiasm for this highly malleable natural material, demonstrating keen observation and creativity as they produced unique earthen works. These creations were subsequently taken home, integrating naturally into their daily lives (Fig.8).

CONCLUSION

The development of any technology requires not only critical technological breakthroughs but also proper understanding and broad acceptance by society. Therefore, the team aims to overcome conceptual and practical barriers in promoting earth construction technology by engaging diverse groups, including students, craftsmen, professionals, and the public. It has been achieved through tailored educational formats:

1) Construction practice under theoretical guidance, as direct and efficient technical training, develops construction skills in architecture postgraduate and craftsmen.

2) Exhibitions offer broad public insight into earth construction technology, challenging stereotypes.

3) Flexible workshops offer hands-on experiences with earth construction's cultural and practical value.

4) Combining workshops with exhibitions or practice fosters exchange, engaging diverse audiences in adopting and understanding these techniques.

Regardless of the suitable format, it is essential to consider the significant differences in participants' backgrounds, abilities, and needs. To overcome barriers in spreading earth construction technology, fostering direct communication and shared experiences is vital for mutual understanding among different groups.

Since 2011, the team has conducted nearly 50 informal educational activities in over 20 regions across China (Fig.9). These initiatives have received extensive attention and coverage from major domestic media outlets, including CCTV, Xinhua News Agency, and People's Daily. Notably, the primary goal of these efforts is not to fully popularize earth construction technology across China but to offer a workable alternative for regions suited to this building method while engaging a broader audience interested in natural materials. Nevertheless, the influence remains limited as the team's activities are rooted in universities. Exploring partnerships with diverse sectors will be a critical next step in promoting and disseminating earth construction technology.

Figure 8. Parent-child workshops at Aranya. Hebei, China.
© Onearth Studio.

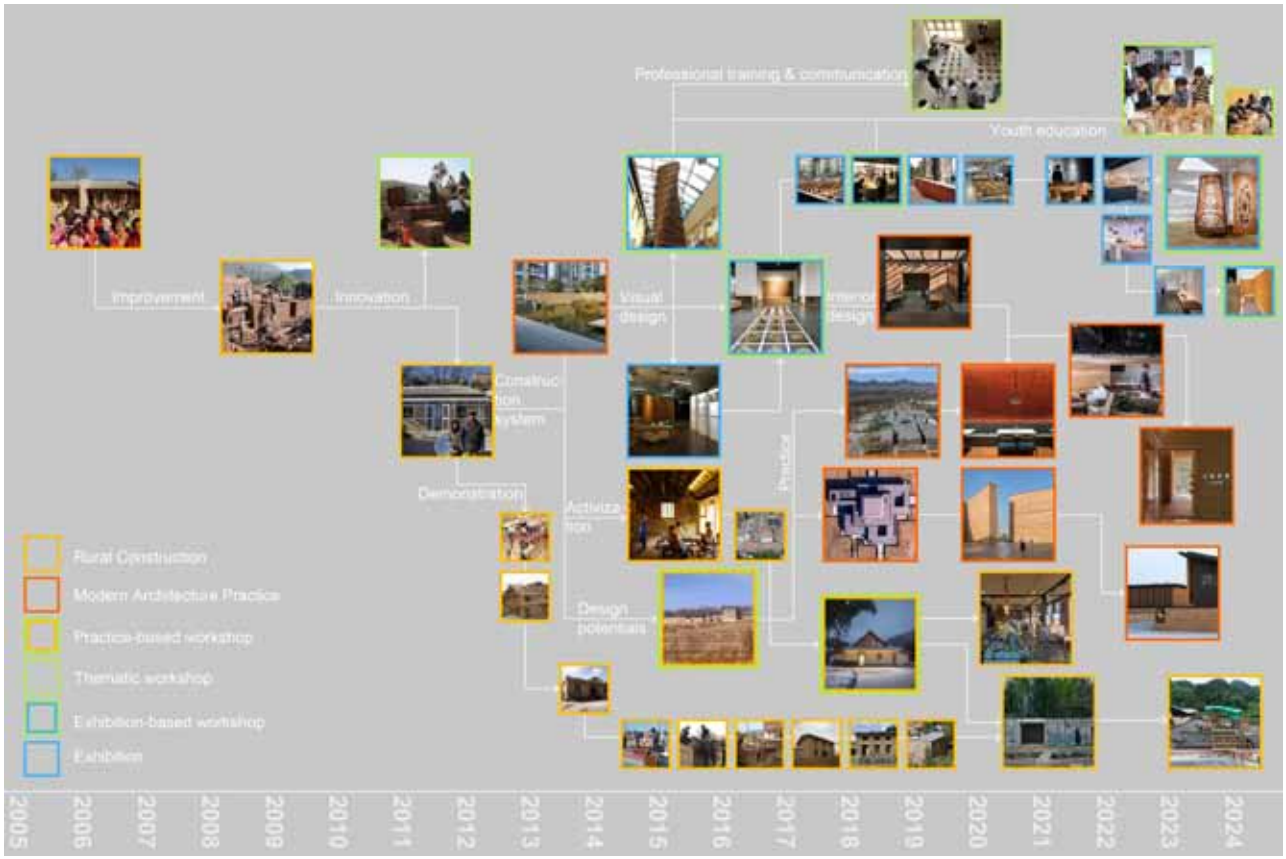


Figure 9. The informal educational approach for earth construction by Onearth Studio.
© Autors.

BIBLIOGRAPHY

Li Haiqing. (2016). "Practical Logic: Tangible Impacts of Building Modes on Architectural Designs in China", *Architectural Journal*, no. 10, p.72-77.

Meng Xiangwu, Wang Jun, Ye Minghui, and Li Yu. (2018). "Reflections on the Research Process of Domestic Vernacular Building", *New Architecture*, no. 1, p.114-118.

Miao Scarlett. (2021). T*owards a Sustainable Future: Local Materials and Methods in Contemporary Chinese Architecture*, site internet: https://www.archdaily.cn/cn/967247/ke-chi-xu-xing-wei-lai-chuan-tong-cai-liao-zai-dang-dai-zhong-guo-jian-zhu-zhong-de-chuan-cheng-yu-chuang-xin

Mu Jun, Zhou Tiegang, Jiang Wei, Wang Shuai, and Liang Zengfei. (2016). "A Study on the Localization of Modern Rammed Earth Technology in Rural Construction and Demonstration Projects", *Architectural Journal*, no. 6, p.87-91.

Mu Jun, Zhou Tiegang, Jiang Wei, Liang Zengfei and Ren Zhongqi. (2018). "Integration of Research, Practice and Education in Teaching Earth Architecture in China", *TERRA EDUCATION III*, p.22-29.

Pan Xi, Li Mingsong and Suo Jingxuan. (2020). "Contemporary Evolution of Regional Building Tradition: Observation of a Self-built Ethnic Community", *Archicreation*, p.114-120.

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Tang SHUANG is a PhD student at the School of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, and mainly researches construction technology for modern earthen buildings.

Mu JUN is an architect. He got a PhD from the Chinese University of Hong Kong (CUHK) and is currently teaching at the School of Architecture and Urban Planning, Beijing University of Civil Engineering and Architecture (BUCEA). He is the branch director of the UNESCO Chair in Earthen Architecture at BUCEA. His specialty is ecological architectural design and mainly focuses on sustainable development in rural China.

IMPACTS DU PROGRAMME PROFAS C+ DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS DES CORPS TECHNIQUES DU CAPTERRE.

Nuria SÁNCHEZ MUÑOZ, CRAterre, Centre international de la construction en terre (todonuria@gmail.com)
Alaeddine BELOUAAR, CAPTERRE, Centre Algérien du Patrimoine Culturel Bâti en Terre (alaeddinecapterre@gmail.com)

RÉSUMÉ

Cet article présente le programme PROFAS C+, développé entre 2017 et 2020. Il associait l'École Nationale Supérieure de Grenoble – Unité de Recherche AE&CC – Laboratoire CRAterre au CAPTERRE, structure sous tutelle du Ministère de la Culture d'Algérie. Structuré en trois ans, le programme visait à renforcer les capacités de son personnel technique en matière d'architecture de terre et de les outiller pour qu'ils soient capables d'accomplir des missions qui lui sont dévolues.

Il s'agitait de mettre en œuvre un programme de partenariat qui permettait, à travers le renforcement des capacités (méthodologies, savoirs et savoir-faire) la co-construction des outils et procédures indispensables à la bonne exécution des missions de service public du CAPTERRE, qui a pour objectif de parvenir à une conservation durable du patrimoine algérien bâti en terre, et à long terme d'étendre son champ d'action à d'autres pays du continent africain.

L'article expose les activités menées au cours de ces trois années et évalue leur impact sur les bénéficiaires du programme. Également, il présente une analyse approfondie des activités menées en parallèle et après le programme au CAPTERRE, illustrant ainsi la portée et la durabilité des actions entreprises. Finalement, il donne des pistes pour l'avenir du programme.

INTRODUCTION

Le patrimoine culturel bâti en terre représente l'immense majorité du patrimoine immobilier du continent africain et constitue la majeure partie du patrimoine architectural algérien. La conservation de ce patrimoine à très forte valeur culturelle, économique et sociale souffre cependant d'un problème majeur : la rareté des professionnels spécialistes des architectures de terre.

Dans ce contexte, la création du CAPTERRE, unique établissement du continent africain spécifiquement dédié à la préservation du patrimoine culturel bâti en terre, représente une avancée majeure pour la conservation de ce patrimoine. Le CAPTERRE est un établissement public créé par le Ministère Algérien de la Culture en 2012, avec l'objectif de réhabiliter l'image des architectures de terre, et en conséquence déclencher la préservation durable du patrimoine immobilier bâti en terre qui représente une part majeure du patrimoine architectural algérien.

L'objectif principal du projet PROFAS C+ était le renforcement des capacités des corps techniques du CAPTERRE en matière d'architecture de terre. À travers des transferts de savoirs et savoir-faire, les partenaires ont construit des outils et des procédures pour l'exécution des missions du CAPTERRE et les ont mis en application in situ à travers des projets pilotes qui ont permis de parfaire les outils et méthodes d'intervention sur le patrimoine bâti en terre.

Ce projet contribuait à la qualification des professionnels du CAPTERRE, leur permettant de diffuser ces connaissances à une échelle plus large parmi les praticiens en Algérie. Ces professionnels, formés et équipés de nouvelles compétences, étaient en mesure d'intervenir de manière plus systématique et structurée sur des projets de réhabilitation et de construction en terre. Ils pouvaient également appliquer ces compétences à la conception et à la réalisation de nouveaux projets utilisant le matériau terre.

Cette approche favorisait non seulement la préservation du patrimoine bâti en terre, mais encourageait également l'adoption de pratiques de construction plus écologiques. En promouvant des techniques de construction en terre, le projet répondait aux exigences croissantes de solutions durables, tout en s'alignant sur les objectifs globaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de promotion du développement durable à l'échelle mondiale.

Figure 1. Cours du siège du CAPTERRE où sont produits les matériaux et construits les prototypes.
© S. Moriset. CRAterre.

1. LE PROGRAMME DE FORMATION

1.1. OBJECTIFS ET ACTIVITÉS

Dans le cadre de l'objectif principal de renforcement des compétences et des capacités opérationnelles du personnel technique du CAPTERRE en matière d'architectures de terre, nous allons exposer les objectifs de chaque année ainsi que les activités prévues pour les atteindre. (Fig. 1)

Le premier axe spécifique visait à renforcer les connaissances sur les architectures de terre. L'objectif était de former une partie du personnel des départements techniques, notamment les architectes et ingénieurs, afin qu'ils acquièrent les connaissances scientifiques, méthodologiques et techniques nécessaires pour accomplir les missions de l'établissement. Parmi ces missions, on retrouve :

- La conduite d'études et de recherches pour développer et améliorer les techniques de conservation, de restauration et d'entretien des biens culturels construits en terre ;
- L'identification et l'inventaire des savoir-faire liés à la production du patrimoine culturel bâti en terre ;
- La diffusion d'informations et de conseils pour promouvoir les architectures de terre ;
- Le développement et la mise en œuvre de programmes pédagogiques et didactiques pour soutenir les architectures de terre ;
- L'organisation et la participation à des manifestations culturelles et scientifiques, tant nationales qu'internationales, en lien avec l'objet du centre.

Les activités planifiées pour atteindre ce premier objectif incluaient une évaluation des compétences techniques disponibles au CAPTERRE, une formation sur les bases techniques, scientifiques et méthodologiques, ainsi que le pilotage, le suivi et l'évaluation des formations. (Fig. 2)

Figure 2. Travaux de réhabilitation de la Dar Ezzaouïa en 2019.
© S. Moriset. CRAterre.

Le second axe spécifique portait sur le renforcement des capacités opérationnelles par le biais d'un projet pilote de réhabilitation. Ce projet avait pour objectif d'outiller le personnel technique du CAPTERRE pour mener à bien des enquêtes de terrain documentant les architectures de terre, suivre toutes les étapes de conception et de réalisation de projets de réhabilitation, et fournir une assistance technique dans ce domaine. Les activités associées comprenaient l'élaboration d'une méthodologie de réhabilitation d'une maison en adobe, la conception et la diffusion d'un guide de réhabilitation et d'entretien du patrimoine en terre, ainsi que le pilotage, le suivi et l'évaluation du projet de réhabilitation. (Fig. 3)

Enfin, le troisième axe spécifique consistait à renforcer les capacités opérationnelles par le biais d'un projet pilote de construction, visant à doter le personnel technique du CAPTERRE des compétences nécessaires pour suivre toutes les

étapes de conception et de réalisation de travaux de construction neuve d'un édifice en terre. Les activités prévues incluaient le développement d'une méthodologie de construction d'une maison en adobe, la production d'un manuel de construction en terre crue, et le pilotage, le suivi, et l'évaluation du projet de construction neuve.

1.2. LE DÉROULEMENT

Au cours de la première année, dédiée au transfert de connaissances et de savoir-faire, une série de 14 missions ont été réalisées pour développer des cours théoriques et pratiques qui ont permis aux partenaires de construire et de mettre en œuvre des outils, à travers des projets pilotes qui ont contribué au perfectionnement des méthodes d'intervention sur le patrimoine bâti en terre. (Fig. 4)

La seconde année a été consacrée à la réalisation d'un projet pilote de réhabilitation d'une maison en adobe symbole de la culture locale : la Dar Ezzaouïa. 12 missions d'expertise ont permis de réaliser des travaux d'envergure et les agents du CAPTERRE ont vu renforcer leurs capacités techniques et de gestion de chantier. (Fig. 5)

La troisième année a porté sur l'achèvement du projet pilote de réhabilitation, la rédaction d'un manuel guide pour la réhabilitation et l'entretien du patrimoine bâti en terre, et la conception d'un projet pilote de construction en adobes. Sept missions sont réalisées, mais la dernière activité a dû être finalisée à distance en raison de la pandémie mondiale de COVID-19, qui a bloqué toute possibilité de poursuivre les missions comme prévu. Les agents CAPTERRE ont continué à développer des activités au niveau national avec les compétences acquises jusqu'alors. Ce désavantage leur a permis de renforcer leur autonomie. (Fig. 6)

2. ANALYSE DU PROGRAMME

2.1. L'EFFECTIF ACTUEL DU CAPTERRE

La première activité consistait à faire un bilan des compétences en début de projet. Ce bilan montre que la majeure partie des apprenants n'avait pas de connaissances, ou avait seulement de connaissances de base, référées à des techniques. Aussi, aucune connaissance en termes de gestion de projets ou de patrimoine.

Des douze personnes qui ont été bénéficiaires par la formation comme partie du personnel du CAPTERRE, dont quatre n'ont fait qu'une partie de la formation, et ont poursuivi leurs carrières ailleurs, mais en restant dans des secteurs attachés au domaine de l'architecture de terre, sa mise en valeur et sa protection.

Actuellement, le CAPTERRE compte avec un personnel technique de 8 titulaires, dont le directeur de l'établissement et 7 contractuels, la moitié dans le département de la valorisation et l'autre moitié dans le département de la promotion.

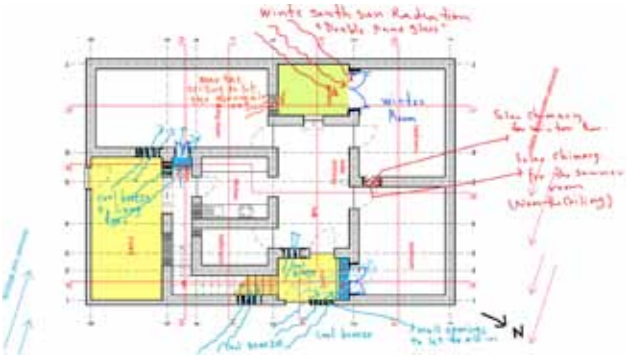


Figure 3. Esquisse de conception bioclimatique de la maison CAPTERRE.
© M. Ferreira Mendes.

Figure 4. Études pour le projet de réhabilitation de la Dar Ezzaouïa.
© S. Moriset. CRAterre.

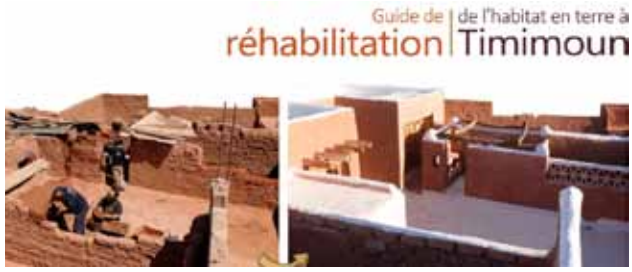


Figure 5. Couverture du Guide de réhabilitation de l'habitat en terre à Timimoun.
© S. Moriset. CRAterre.

Figure 6. Coupe longitudinale de la maison CAPTERRE.
© N. Sánchez Muñoz. CRAterre.

Figure 7. Atelier pratique pour des étudiants d'architecture de l'université d'Oran en 2021.
© CAPTERRE.

Figure 8. Chantier participatif à Talmine en octobre 2018.
© CAPTERRE.

Figure 9. Ateliers pratiques pour étudiants d'architecture à l'université de Blida en 2023.
© CAPTERRE.

Figure 10. Visite technique de Madame Yasmine Terki au chantier de la Dar Ezzaouïa.
© N. Sanchez Muñoz. CRAterre.

2.2. ACTIVITÉS DU CAPTERRE ENTRE 2017 ET 2023

Parallèlement et à la suite de la formation, les bénéficiaires ont été encouragés à participer à diverses activités organisées au sein du centre, en partenariat avec de nombreuses institutions algériennes et étrangères. Ces activités, centrées sur l'architecture de terre, ont eu des répercussions notables et peuvent être considérées comme des impacts significatifs du programme.

Premièrement, le programme a contribué à la sensibilisation et à la formation de nombreux acteurs des secteurs de la construction et de l'architecture. Chaque année, un nombre croissant de participants, y compris des étudiants en architecture, des architectes, et des ingénieurs en génie civil, ont reçu une formation approfondie en architecture de terre. Ces initiatives ont permis de renforcer leurs compétences et d'accroître leur sensibilité à cette discipline spécifique. (Fig. 7)

Deuxièmement, des efforts de réhabilitation participative ont été entrepris pour restaurer certains sites historiques et mosquées anciennes de la région. Parmi les projets notables, on peut citer la restauration de la maison traditionnelle à Bejaïa, la forteresse grenier collectif « Agham Akebli » à Talmine, la mosquée de Kemous, ainsi que la maison du chef de résistance Cheikh Bouamama à Deldol. De plus, le projet de réhabilitation et d'aménagement de la place principale de Toufaghi, située dans le Ksar Tementit et classée en tant que secteur sauvegardé à Adrar, illustre également l'impact concret de ces initiatives.

Troisièmement, le programme a inspiré des initiatives académiques, comme la réalisation d'un doctorat en architecture de terre. Un des bénéficiaires a exprimé que, « suite à la formation, [il est] devenu plus objectif dans [sa] compréhension de ce domaine ».

En outre, les compétences acquises lors de la formation ont permis aux participants d'obtenir des projets importants, tels que la réhabilitation du fort de Tinerkouk pour le ministère de la Culture, ainsi que la coopération avec l'École d'architecture d'Alger pour la mise en place d'un module spécifique sur l'architecture en terre. (Fig. 8)

De plus, l'intérêt pour l'architecture de terre a également suscité l'engagement de plusieurs investisseurs, tant publics que privés. Cela s'est concrétisé par des projets tels que la construction d'un camping à Djanet et la création d'une maison d'hôtes privée en terre, dont les travaux ont été gérés depuis la production des adobes jusqu'à la formation des maçons.

En parallèle, le programme a encouragé la création d'une entreprise de conseil spécialisée en architecture de terre et conservation du patrimoine. Il a également incité des architectes locaux à intégrer des éléments de sculpture murale en argile dans leurs projets, enrichissant ainsi l'esthétique et la diversité des constructions locales.

2.3. AVIS DES BÉNÉFICIAIRES DE LA FORMATION

Les avis de la formation du programme PROFAS C+ du côté des participants à la formation est très positif. Concrètement, ils soulignent :

- La notable clarté des enseignements
- L'atmosphère notablement constructive
- Les outils très bien adaptés au contexte et les besoins
- L'équilibre entre l'enseignement pratique et théorique
- La charge de travail plutôt adaptée

L'application des concepts théoriques au sein d'ateliers pratiques intégrés à chaque module a facilité la transmission efficace des informations dispensées au cours de la première année. De manière concomitante, l'étude participative du projet de réhabilitation de Dar Zaouia, suivie de l'engagement dans les travaux de réhabilitation, a constitué une opportunité propice à la consolidation et à la correction directe de ces concepts. Il convient de souligner l'excellence de la méthodologie pédagogique employée par l'équipe de CRAterre dans ce contexte. La formation a fait comprendre la problématique de l'architecture de terre à partir de l'échelle internationale à l'échelle local. Faire la formation à Timimoun, a permis d'adapter son contenu aux problématiques locales. (Fig. 9)

La perception du rôle de cet enseignement par rapport à leur poste actuel est très positive. Ils considèrent que la formation a été essentielle pour une compréhension approfondie des problématiques inhérentes à l'architecture en terre en Algérie, et les a permis de mieux appréhender la mission centrale du CAPTERRE qui consiste à contribuer à la réhabilitation de l'image des architectures en terre en Algérie. Cet enseignement leur a donné des bases solides dans leur travail au CAPTERRE. Elle leur a fournis une connaissance globale des aspects techniques, culturels, sociaux, économiques, et anthropologiques associés à ce domaine. Les connaissances acquises ont été directement applicables, et elles les ont permis de répondre correctement aux exigences de leurs postes. Grâce à cette formation, ils ont eu l'opportunité d'être formateurs et d'encadrer des formations sur les techniques de construction en terre.

Les compétences acquises qui les semblent plus utiles aujourd'hui sont :

- Comprendre l'architecture de terre dans ses différents aspects, culturels, patrimoniaux, économiques et environnementaux.
- La connaissance des techniques de construction en terre (sélection des matériaux, les méthodes de construction appropriées, et les meilleures pratiques pour assurer la durabilité des structures).
- La capacité à réhabiliter un bâtiment construit en terre est une compétence essentielle qui me permet d'apporter des solutions adéquates.
- La connaissance de la conception de bâtiments en terre est une compétence clé. Elle englobe la compréhension des principes de conception spécifiques à ce matériau, intégrant à la fois des considérations techniques, esthétiques et environnementales.
- D'avoir plus de sensibilité aux différents types de terres, comment faire des tests de reconnaissance de la terre, comportements des terres, comprendre comment fonctionne un chantier en terre.
- Développer un discours autour de l'importance des architectures en terre et des cultures constructives.
- Gestion de projet et travail en groupe.

2.4. AVIS DES INTERVENANTS À LA FORMATION

L'évaluation des intervenants à la formation sur le comportement et des savoirs acquis par les apprenants est globalement positive. Concrètement la 1ère partie, est évaluée d'assez bien à très bien pour tous, pendant que pour le chantier, il était bien pour les six participants plus impliqués. Les savoirs acquis semblent suivre l'implication des personnes. Heureusement, le CAPTERRE a su positionner les techniciens en postes qui correspondent à leurs capacités.

Comportement très inégal des apprenants. Tous étaient sympathiques, mais certains participants ne semblaient pas avoir assez de temps pour s'impliquer dans la formation. Une version de la formation en lien avec les termes des références des agents du CAPTERRRE devrait arranger les choses, parce que malgré tous les participants étaient motivés, leurs aptitudes étaient si différentes que souvent c'était compliqué à adapter le programme pour si différents profils. Il est recommandé d'essayer d'atténuer la différence importante entre les aptitudes des architectes ou ingénieurs et celles des ouvriers.

Ce qui est unanime parmi les intervenants est la façon comme cet échange les a enrichis culturellement. Cette formation a été une découverte avec de pratiques très riches, des considérations et des problématiques propres à l'Algérie et au contexte de Timimoun. Il s'agit d'une très belle expérience surtout sur la partie chantier qui a permis de nombreux échanges avec les collègues de formation, les collègues algériens et les artisans locaux, très enrichissants tant au niveau pédagogique comme technique.

Tous gardent de très bons souvenirs de cette formation. En passant des moments parfois touchants dans les cours, mais aussi en dehors, les intervenants signalent qu'ils ont beaucoup apprécié le mode de vie et la pensée à Timimoun. Les intervenants à la formation se sont enrichis grâce au lien social fort établi par le CAPTERRE avec la communauté. C'est aussi noté comment ils ont énormément appris de la Directrice de CAPTERRE Madame Yasmine Terki. Son énergie, sa force, sa conviction, sa rigueur étaient très inspirantes. (Fig. 10)

3. RÉSULTATS

3.1. RÉSULTATS DU PROJET ATTEINTS

Les rapports d'activités décrits ci-dessus font ressortir une évidente montée en compétences des corps techniques du CAPTERRE. Ainsi, une série d'enquêtes auprès des bénéficiaires de la formation font état des avancées, des difficultés rencontrées et des perspectives.

Les paragraphes suivants rappellent les résultats attendus tels qu'ils étaient initialement formulés dans le document de projet, en lien avec les missions confiées au centre.

Tout d'abord, les équipes techniques du CAPTERRE ont renforcé leurs compétences dans divers domaines spécifiques. Elles ont acquis une meilleure connaissance du comportement des matériaux granulaires et des argiles, et maîtrisent désormais la formulation des matériaux de construction en terre. La diversité des techniques de construction en terre et leurs applications architecturales font également partie des compétences renforcées, tout comme la caractérisation des terres à travers des tests de terrain et de laboratoire. Les équipes ont appris les techniques de production et de construction, incluant l'adobe, le pisé et les enduits, ainsi que les logiques de conception des architectures de terre. De plus, elles sont désormais familiarisées avec les outils de gestion de projet tels que l'analyse SWOT et la budgétisation, l'organisation de chantiers, ainsi que les grands principes de conservation et de gestion du patrimoine.

Ensuite, les équipes sont désormais capables de mener des enquêtes de terrain visant à documenter les architectures de terre. Ce résultat a été atteint grâce aux nombreuses initiatives de documentation réalisées dans le cadre de la campagne d'identification du patrimoine culturel bâti en terre et des savoir-faire associés à sa production dans la Wilaya d'Adrar.

En outre, les équipes techniques du CAPTERRE sont également bien outillées pour suivre toutes les étapes de conception d'un projet de réhabilitation. Cela inclut le relevé architectural, le diagnostic, l'élaboration d'esquisses, la réalisation de plans d'exécution et la préparation du cahier des charges. Elles sont également aptes à superviser les travaux de réhabilitation et de modernisation d'un édifice bâti en terre, en organisant le chantier et en maîtrisant les techniques d'intervention appropriées. L'acquisition de ces compétences est confirmée par les nombreux chantiers de réhabilitation menés par la suite. Il convient également de noter que les équipes, majoritairement composées d'architectes et d'ingénieurs, ont renforcé leurs compétences manuelles. Bien que ces compétences ne soient pas traditionnellement requises pour ces professions, elles constituent un atout essentiel pour accompagner efficacement les chantiers de construction en terre.

Les équipes ont également été préparées pour concevoir un projet pilote de construction en terre. Ce résultat est manifeste, comme en témoigne la conception collaborative d'une maison modèle, réalisée conjointement avec les experts de CRAterre-ENSAG et les techniciens du CAPTERRE. Ce projet a enrichi les connaissances techniques de sept architectes et d'un ingénieur impliqués, notamment en matière de respect des contraintes bioclimatiques, de procédures de calcul des charges spécifiques aux bâtiments en terre, de contraintes que les adobes doivent supporter, de choix de matériaux adaptés pour chaque élément constructif, et de détails de construction.

Enfin, les équipes techniques sont désormais en mesure d'élaborer des descriptifs détaillés pour chaque phase de construction, de calculer les quantités de matériaux nécessaires et de planifier la main-d'œuvre. Ces compétences ont été partiellement développées au sein de l'équipe.

3.2. RÉSULTATS DU PROJET PARTIELLEMENT ATTEINTS

Cependant, il y a de résultats qui ne sont atteints que partiellement :

1. Les enquêtes auprès des populations de Timimoun pour connaître les attentes sociales précises de l'habitat n'ont pas été réalisées faute de temps pour réaliser les études préalables complètement. En conséquence, les attentes contemporaines en termes d'espace, de confort et de budget continuent d'être remises en question. La conception du modèle est faite pour une maison au rez-de-chaussée, mais avec une structure qui peut supporter la construction postérieure d'un étage afin de répondre au besoin connu d'agrandissement des populations.

2. Outillés partiellement pour construire en terre parce qu'il n'a pas été possible dans le temps du projet de construire la maison pilote. Toutefois, même si cela n'a pas été démontré, il est pressenti que le CAPTERRE avec un leader et son équipe seraient capables de programmer un chantier de construction d'une architecture de terre, éventuellement avec des expertises ponctuelles de l'équipe de CRAterre-ENSAG ou d'autres experts de la sous-région. En effet, plusieurs personnes formées ont réalisé des constructions neuves en terre post formation. Néanmoins, il faudrait renforcer la participation d'artisans et d'entreprises.

3. En conséquence à ceci, l'équipe de CAPTERRE, en collaboration avec des artisans locaux et des membres d'associations en charge du patrimoine, n'a pas pu capitaliser son expérience du chantier pilote en concevant un manuel de construction en terre crue, à l'intention du grand public et des professionnels de la construction, ni dispose de tous les éléments nécessaires à justifier la relance de l'utilisation du matériau terre dans la construction.

4. Puisque l'équipe de CAPTERRE n'a pas pu organiser en collaboration avec les associations en charge du patrimoine des opérations de diffusion du manuel de construction en terre crue, et malgré les nombreuses activités de sensibilisation réalisées par le CAPTERRE, on doit dire que ce résultat est partiellement atteint.

3.3. RECOMMANDATIONS POUR L'AVENIR

Auprès des participants à la formation quelques aspects qui pourraient être améliorés ont été signalés, comme : un avis général sur le manque de temps de formation, c'est-à-dire, que pour quelques-uns, les cours étaient un peu ambitieux par rapport au temps court disponible. Ainsi, la planification du chantier de réhabilitation de la Dar Ezzaouïa pourrait être améliorée considérant les périodes où son fonctionnement est interrompu.

Également, la formation du personnel de l'organisme n'a pas toujours pris nécessairement en compte l'attitude et l'engagement des personnes à former, ce qui a impacté plus ou moins le déroulement et les résultats attendus. Un questionnaire et des réunions préalables pourraient aider à sélectionner les personnes à impliquer. Du côté formateurs, quelques soucis de communication à cause de la barrière linguistique.

En général, les apprentis ont exprimé son souhaite d'avoir une certification ou attestation délivrée par CRAterre pourrait être une reconnaissance valorisante pour les participants ayant suivi l'intégralité du programme de formation.

Du côté des intervenants le programme a été plutôt satisfaisant, mais pour une prochaine fois, il faudrait que le programme pédagogique soit plus en lien avec le programme d'activités des agents du CAPTERRE, afin que la montée en compétences corresponde à leurs termes de références.

Pour améliorer l'organisation des cours, une meilleure intégration des formateurs en amont du programme avec clarification plus détaillée des objectifs pédagogiques. Malgré le contenu pédagogique était bien, la programmation a dû être adaptée à plusieurs reprises, compliquant la logistique et laissant parfois moins de temps que nécessaire. Mieux cibler le public et viser des activités différentes en fonction de leurs capacités et affectations réelles (par exemple, certains techniciens ne s'improvisent pas en maçons…).

En termes d'organisation du chantier, et afin de mieux gérer le temps, il faudrait que le responsable du CAPTERRE et les architectes soient plus présents avec une ou deux visites de chantier par semaine. L'absence de « chef » a laissé les apprenants trop libres et oisifs. Ainsi, il serait nécessaire de fixer des objectifs à atteindre sur le chantier en début de chaque semaine. Peut-être qu'en voulant atteindre des résultats précis, les apprenants auraient une meilleure gestion de leur temps. Donc, clarifier et structurer le suivi et formaliser la prise de décisions avec un plan de session hebdomadaire des travaux à effectuer (avec livret de suivi et d'évaluation) pourrait aider à surmonter les difficultés rencontrées, les solutions apportées et le « reste à faire » seront décrits par l'intervenant qui pourra alors évaluer au jour le jour le temps restant et la logistique à régler avec le public présent sur place.

Malgré les difficultés inhérentes à l'organisation d'un chantier, à la lumière des résultats du projet de réhabilitation de la Dar Ezzaouïa, il est recommandé de passer moins de temps sur la théorie, et plus de temps pour la pratique. Peut-être envisager un chantier école du départ, à la place des murets.

En termes de logistique quelques améliorations proposées sont :
- Un équipement plus complet du laboratoire
- Avoir un espace suffisant pour la production / construction
- Une salle de cours plus grande et mieux éclairée

Finalement, et pour surmonter la barrière linguistique il est proposé que :
- Les cours devraient tous être traduits pour être mieux compris.
- Les travaux d'écriture doivent être faits en Arabe par les apprenants puis traduits ensuite en espérant que les résultats produits seront meilleurs.

En attendant, le CRAterre a proposé une liste d'actions pour la valorisation du Ksar de Timimoun que le CAPTERRE pourrait mettre en œuvre pour poursuivre le travail de sensibilisation et la promotion des architectures de terre.

Cependant, afin d'approfondir sur le déroulement du programme et son impact à moyen et long terme, cet article pour la quatrième conférence Terra Education, vise à décrypter les stratégies sous-jacentes pour faire effectifs les efforts de valoriser le potentiel de la terre en tant que matériau de construction, afin de mieux les intégrer dans les programmes de recherche et de formation du réseau de la Chaire UNESCO.

Suite à cet événement, les partenaires souhaitent reprendre les résultats et formuler un nouveau projet qui pourrait compléter les ambitions communes.

CONCLUSION

Les résultats du projet garantissent le maintien de l'établissement. Tout ce qui a été fait dans le cadre du projet était destiné à donner au personnel de l'établissement des moyens de prendre en charge des missions de service public. Les produits du projet sont des outils qui sont actuellement utilisés par l'établissement à l'intention des interlocuteurs du CAPTERRE. De plus, l'équipe du CAPTERRE ayant participé à l'élaboration de ce premier jeu d'outils, a pu développer d'autres, en fonction des besoins sur le long terme.

Grâce à ce projet, plusieurs missions de l'établissement sont désormais mieux assurées. Celles-ci incluent la réalisation d'études et de recherches visant à développer et améliorer les techniques de conservation, de restauration et d'entretien des biens culturels, ainsi que les techniques de construction en terre. L'établissement est également mieux équipé pour remplir des missions d'assistance technique dans le cadre de projets de réhabilitation des biens culturels bâtis en terre ou de construction en terre, qu'ils soient de nature publique ou privée.

En outre, l'établissement a amélioré ses capacités à produire et à diffuser des informations pour promouvoir les architectures de terre sur divers supports. Il joue également un rôle clé en matière d'information et de conseil pour la promotion de ces architectures. À cet effet, l'établissement développe et met en œuvre des programmes d'actions pédagogiques et didactiques, et participe activement à des manifestations culturelles et scientifiques, tant à l'échelle nationale qu'internationale.
Le laboratoire CRAterre de l'ENSAG, basé en France, dirige la Chaire UNESCO « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable ». Cette chaire vise à accélérer la diffusion des connaissances scientifiques et techniques sur l'architecture de terre au sein de la communauté internationale.

Le CAPTERRE, en tant qu'unique établissement public spécialisé dans les architectures de terre parmi la quarantaine de partenaires de la chaire UNESCO répartis dans le monde, joue un rôle essentiel dans ce cadre. Cette collaboration est particulièrement importante pour CRAterre, car elle constitue un modèle inaugural encourageant la création d'établissements publics similaires, capables de mener à bien des missions analogues.

De plus, le parcours académique du DSA « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable » et la création du CAPTERRE, établissement public dédié à la promotion des architectures de terre, ont été initiés par une étudiante de ce programme post-master. Ce parcours constitue une source d'inspiration pour les futurs étudiants du DSA, démontrant les possibilités offertes par cette voie académique.

Enfin, ce renforcement des capacités du personnel technique du CAPTERRE garantit la poursuite de la collaboration avec le laboratoire CRAterre, non seulement au-delà de Timimoun, mais également à l'échelle nationale et internationale. À moyen et long terme, la mission du CAPTERRE s'étend en effet à ces différentes échelles, renforçant ainsi son rôle et son impact dans le domaine de l'architecture de terre.

BIBLIOGRAPHIE

Hacini, M., Arroussi, A., Belouaar, A., Karimi, H., Kassou, Y., Nasri, S., Okbaoui, C., Khelfallah, S., Abbou, D., Benhachmi, T., Eldjouzi, A., Almama, A., Moriset, S., Sánchez Muñoz, N., Gandreau, D. (2018). K*sar de Timimoun - Algérie. Dar Ezzaouïa. Sidi Ahmed Ould Othmane. Timimoun*, Grenoble : CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 60 p.

Moriset, S., Sánchez Muñoz, N., Gandreau, D. (2018). *Ksar de Timimoun, Algérie, Etude de Dar Ezzaouïa Sidi Ahmed Ould Othmane*. Grenoble: CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 44 p.

Moriset, S., Sánchez Muñoz, N., Gandreau, D. (2018). *Renforcement des capacités des corps techniques du CAPTERRE : rapport de mission*. Grenoble : CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 9 p.

Rakotomamonjy, B., Terki, Y., (2018). *Renforcement des capacités des corps techniques du CAPTERRE : Rapport technique sur les activités 2017/2018*. Grenoble : CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 35 p.

Sánchez Muñoz, N. (2019). A*ppui au lancement de la production de 20 000 adobes dans le cadre de la formation des architectes du CAPTERRE*. Grenoble : CRAterre-ENSAG, CAPTERRE. 14 p.

Moriset, S., Terki, Y., Hacini, M., Benhachmi, T., Henous, M., Belouaar, A., Eldjouzi, A., Okbaoui, C., Almama, A., Sánchez Muñoz, N., Nasri, S., Hajmirbaba, M., Gandreau, D., Wheeler, S. (2019). *Guide de réhabilitation de l'habitat en terre à Timimoun. Wilaya d'Adrar,* Grenoble, CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 52 p.

Rakotomamonjy, B., Terki, Y., Moriset, S., Gandreau, D., Ferreira Mendes, M., Sonderegger, M., Sanchez Munoz, N., (2019). *Renforcement des capacités des corps techniques du CAPTERRE : rapport d'activités 2018/2019*. Grenoble : CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 37 p.

Sánchez Muñoz, N., Moriset, S. (2020). *Dossier d'architecture : Construction d'une maison en terre à Timimoun. Timimoun*, Grenoble : CAPTERRE, CRAterre-ENSAG. 61 p.

Sánchez Muñoz, N., Belouaar, A., Rakotomamonjy, B. (2023). *PROFAS C+ Renforcement des capacités des corps techniques du CAPTERRE : Rapport final*. Grenoble, CRAterre. 66 p.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Nuria SÁNCHEZ MUÑOZ est une architecte chercheur associé au CRAterre. Diplômée en 2004 de l'Université Polytechnique de Madrid, elle collabore à plusieurs cabinets d'architecture jusqu'à 2008. Elle gère des projets en Afrique pour deux ONG jusqu'à 2012. Avec son diplôme d'Architecture en Terre et le mémoire « Démarches pour la construction d'un habitat durable », elle intègre l'équipe CRAterre.

Alaeddine BELOUAAR est un architecte d'État et Directeur du Centre Algérien du Patrimoine Culturel Bâti en Terre. Diplômé en 2012 de l'université de Batna, et post-gradué à l'université de Biskra sur le « Patrimoine urbain et architectural aux Aurès et au Sahara ». Doctorant, il se consacre à l'étude des forteresses greniers de Timimoun.

ECVET, CERTIFICACIÓN EN OFICIOS DE LA TIERRA: DE EUROPA AL MUNDO.

María BROWN BIRABÉN, Asociación ESTEPA - Estudios sobre tierra, energía, patrimonio y ambiente (estepa1@gmail.com)

RESUMEN

Desde que en 2015 se ampliara, aprobara y publicara el sistema ECVET Earth Building para la certificación de competencias en los oficios de la construcción con tierra, su consolidación y su propagación global no se han detenido. Ya sea en Europa, su origen, donde se lo adopta en distinta medida, como en América y en África, donde se adapta a muy diversos contextos.

Su enfoque en los resultados: "si lo sabes hacer, no importa cómo lo aprendiste", está sirviendo de inspiración fuera de Europa para el desarrollo de sistemas de formación y cualificación propios, para el diseño de nuevas unidades que responden a técnicas hasta ahora invisibles, para abordar la redacción de los niveles de menor complejidad y más inclusivos, para traducir a lenguas autóctonas los procesos de certificación ampliando su alcance. En definitiva, en escenarios socioeconómicos y culturales muy diferentes se está utilizando esta herramienta como mejor conviene, entendiendo que la revalorización de la tierra en construcción es inseparable de la excelencia y el reconocimiento de quienes materializan las obras.

Este artículo refrescará la esencia del sistema ECVET Earth Building actualizando el recorrido impulsado por ESTEPA tras nueve años de haber plantado su semilla, para que pueda alentar nuevas ideas en quién sabe qué latitudes.

INTRODUCCIÓN

Se han sucedido muchas experiencias desde que se compartieran los primeros frutos de la diáspora del ECVET Earth Building[1], en adelante ECVET EB, sistema europeo de certificación para los oficios de la construcción con tierra, y cómo -según se anticipara entonces- está siendo adaptado y adoptado en América y África. Inicialmente bajo el apodo provisional "ACVET" en consideración de la letra inicial de ambos continentes, hoy ya con nuevos nombres propios. En 2015 ya había certezas de que el sistema ECVET EB, recién ampliado con el aporte del proyecto PIRATE (2012-2015), era una herramienta que muy pronto tendría aplicación fuera de los límites del continente para el que fuera concebida.

Antes de actualizar los elementos de interés de esta diáspora, valga un repaso a lo detallado en diversos artículos (Brown, Mas 2015; Keable, Brown 2018).

1. EVOLUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DEL ECVET EB

Aunque un producto se fabrique siguiendo normas, la excelencia de su puesta en obra no puede garantizarse sin trabajadores competentes: ¿quién diseñará y construirá con estos productos, normalizados o no? La necesidad de desarrollar estos códigos de práctica es una de las razones que impulsó la creación, en las dos pasadas décadas, del ECVET EB: una

1. https://ecvetearth.hypotheses.org/

herramienta de evaluación y certificación de competencias de los oficios de la obra de tierra, a diferentes niveles, desde aprendiz hasta conductor de obras o capataz.

Es esencial entender que, aunque pueda utilizarse como guía para impartir formación de calidad, ECVET EB no es un programa de formación en técnicas de construcción con tierra -algo que lo haría inviable en países o regiones con un paradigma técnico, socioeconómico y cultural diferente al europeo. Con su enfoque en los resultados de aprendizaje, ECVET EB nos muestra los conocimientos (teóricos), destrezas (manuales) y competencias (responsabilidades) necesarios para realizar un determinado trabajo en el proceso de la obra de tierra, desde la extracción del material al acabado final. Sus nueve unidades independientes[2] abordan la construcción, rehabilitación, conservación y acabados con tierra, en niveles desde aprendiz hasta capataz. Disponibles en los ocho idiomas de sus creadores, las unidades enumeran además los criterios e indicadores de evaluación para cada tema y nivel, garantizando transversalmente la cualificación otorgada entre países como valor de prestigio.

Vengan de una formación previa o de la experiencia, los y las postulantes pasan un examen escrito, práctico y oral, organizado específicamente o en una obra real, a cargo de evaluadores acreditados. Sin importar el nivel educativo de los y las postulantes ni el carácter formal o no formal de la entidad que los prepara, sin cerrar la puerta a quien viene sabiendo sin pasar por un curso. Sin priorizar los "oficios completos" que suman unidades obligatorias -y que excluyen a quien no puede dedicarle el tiempo o el dinero necesarios- sino facilitando el dominio de una técnica concreta en obra, que se certifica, una a una, ampliando horizontes laborales.

En este siglo, se inicie donde se inicie cualquier difusión -en este caso en Europa- ésta se vuelve inevitablemente global. Cualquier persona interesada en conocer el ECVET EB puede hacerlo: el material está disponible en internet gratuitamente y es comprensible a lo ancho del mundo, ya que existe en español, portugués, inglés y francés; lenguas que se hablan o comprenden globalmente. El reto no es, pues, disponer del ECVET EB sino saber utilizarlo sacándole el máximo provecho. Para ESTEPA, como único certificador hispanohablante del sistema, ese reto de mostrar cómo utilizarlo fuera de Europa fue triple y gradual:

1. Desde 2014, aprender a explicar su valor extrapolable en América de modo de no suscitar recelos a priori entre latinoamericanos por el mero hecho de "ser un sistema europeo"
2. Desde 2015, contar con el beneplácito de los socios europeos para fomentar la adaptación del flamante sistema a otros contextos
3. Entre 2018 y 2021, con el "feedback" de experiencias piloto en América y África, conseguir de esos mismos socios el aval para extender las certificaciones más allá de Europa, alcanzando los países donde la construcción con tierra sigue siendo cosa de cada día.

Hoy gracias a esta internacionalización son muchas las entidades que tras una capacitación introductoria deciden incorporarse al ECVET EB o crear nuevas certificaciones; con vistas a ampliar o mejorar su oferta formativa, a establecer alianzas que garantizan la certificación de sus aprendices, o a capacitar a sus equipos: formadores, trabajadores sociales y humanitarios, directivos. Se abordan a continuación ejemplos del viaje del ECVET EB en España, África y América.

2. ECVET EN ESPAÑA: EL SISTEMA ORIGINAL

2.1. LOS PROFESIONALES, POSTULANTES ESPONTÁNEOS

Desde 2015 ESTEPA comienza a formar a formadores en el funcionamiento del ECVET EB para difundirlo entre entidades dedicadas a la formación, productores de materiales y bioconstructores. En 2018, al cumplir los requisitos exigidos a entidades y técnicos, ESTEPA empieza a certificar en dos modalidades. Una, formando primero y coronando esa formación con un examen ECVET EB. La otra, convocando a certificarse directamente a gente que ya domina el oficio. En este caso se habilitan prácticas abiertas unos días previos al examen, con materiales y herramientas disponibles; se aconseja y se aclaran dudas sobre las Unidades a evaluar, sin dar formación.

Los y las postulantes espontáneos en España suelen ser constructores/as, formadores/as, profesores/as, albañiles/as, fabricantes de materiales, arquitectos/as « que se embarran ». Vale decir, gente que ve en el ECVET EB un valor añadido que ofrecer en su desempeño profesional. Algunas personas han acudido reiteradamente según se anuncian nuevas certificaciones, y coleccionan un buen número de ellas.

Tras la pandemia surge una nueva modalidad: la alianza con entidades amigas dedicadas a la formación. Ellas dan los cursos, ESTEPA las introduce en nociones necesarias del ECVET EB y las acompaña en los preparativos, y se corona su curso certificando a los aprendices que así lo requieran (Fig. 1). Para este universo creciente de aliados y sus aprendices se ha ido consolidando una triple alternativa:

- Aprendices que se forman y tras el curso obtienen certificados ECVET EB
- Aprendices que se forman solamente, sin certificarse (amateurs)
- Postulantes profesionales que no se forman: acuden sólo a certificarse

Mayores alternativas convocan así a un público más amplio, enriqueciendo y potenciando además el intercambio entre gente con distintas trayectorias vitales y profesionales.

2. https://ecvetearth.hypotheses.org/download/units-download

Figura 1. ECVET en Gordoncillo, España; Unidades P, C y O Nivel 3.
© María Brown.

He aquí el testimonio directo de algunas de estas entidades aliadas:

Homo Faber[3], centro de formación sobre oficios tradicionales de referencia en la provincia de León, fue pionera en aventurarse con el ECVET EB. Dicen:
Se dieron condiciones muy favorables para iniciar una alianza que contemplara el ECVET EB: la vecindad con ESTEPA, la fuerte colaboración del Ayuntamiento y que el formador tuviera certificados ECVET y apoyara su inclusión. Con ello pretendimos lanzar el mensaje de que en Europa la arquitectura en tierra es apreciada y respetada, y su saber es un bien inmaterial a transmitir a los jóvenes.

Habitaterre[4], empresa francesa dedicada a la obra y la formación, agrega:
ECVET EB y las formaciones que lo incluyen son un vector de futuro para la profesionalización, que a su vez es garantía de la conservación del patrimonio en tierra.

En Agotzenea - Bioconstrucción en Navarra[5], opinan:
Apostamos por la formación de calidad en el uso de materiales naturales y nos parece importante ofrecer una certificación que aúne y avale criterios técnicos en el uso de los mismos como el ECVET. Así podemos asegurar personal cualificado que permita realizar obras de calidad y revalorizar la tierra como material de construcción.

En Taph Taph[6], asociación sevillana muy conocida, están familiarizados con el ECVET EB por participar en otros proyectos europeos. Comentan:
Hacemos talleres cortos para profesionales y amateurs. Nos falta formar especialistas con formaciones certificadas, vía que vemos como solución ante la incipiente demanda por parte de las empresas, pero además como contribución a afianzar el vínculo entre fabricante, distribuidor y artesano, incorporando la cultura campesina en los oficios modernos.
Mientras no exista una titulación española técnica en tierra -más allá de algunos másteres- creemos que son fundamentales los cursos de especialización que puedan ensamblarse en titulaciones más amplias y profundas. Por eso nos interesa incorporar el ECVET, su estructura de Unidades independientes a distinto nivel ensambla muy bien con nuestra visión.

2.2. LO SOCIAL: ALDEAS INFANTILES SOS

Mientras entre ESTEPA y estos grupos del contexto formativo se despliega la red de alianzas, en 2021 aparece un nuevo agente interesado en el ECVET EB: la ONG internacional Aldeas Infantiles SOS, desde su sede de Tenerife, Islas Canarias.

La misión mundial de Aldeas Infantiles SOS es promover la calidad de vida y el desarrollo sociocultural en la infancia, juventud y familias, generando condiciones para la igualdad de oportunidades y autonomía. Cuentan en Tenerife con la Ecogranja "La Aldea"[7], implicada en formaciones innovadoras relacionadas con el diseño, la fabricación digital y la arquitectura sostenible, con el objetivo de que jóvenes en situación de vulnerabilidad puedan adquirir habilidades personales y sociales vinculadas a la profesionalidad, facilitando su crecimiento personal y su inserción social y laboral. Desde 2004 imparten formaciones homologadas con certificados de profesionalidad habilitante para diversos oficios vinculados al quehacer ecológico de "La Aldea". En cuanto a la formación en

3. https://homofabercursos.com
4. https://www.habitaterre.com
5. https://agotzenea.com
6. https://taphtaph.org
7. www.laecogranja.org

Figura 2. ECVET en SOS Aldeas Infantiles ; Unidades M y C Nivel 2.
© María Brown.

construcción con tierra, la presentaba así su director al contactar inicialmente con ESTEPA:
Viene desarrollándose desde 2011, y desde 2015 se inicia la fabricación de BTC para abrir un nuevo camino a la arquitectura de tierra en Canarias como modelo empresarial, social y de integración.
Nuestro sueño es consolidar un centro de formación en bioconstrucción, posibilitando la salida profesional en estas especialidades, que creemos, tendrán protagonismo. La experiencia nos demuestra que esta formación / capacitación es en sí misma terapéutica, porque nos facilita la conexión con la tierra: de allí el nombre de nuestro proyecto, "Barro, mano, corazón".
Hoy vemos indispensable formalizar la certificación para esta área. Inicialmente con la producción de BTC: contamos con un espacio preparado y equipado para la formación, la práctica y la producción. Consideramos aplicar el sistema ECVET para el desarrollo y certificación de la formación, a través de una alianza con ESTEPA. El objetivo es la creación de una empresa de inserción laboral y una economía social que atienda a jóvenes y familias vulnerables, ofreciéndoles una oportunidad para labrarse un futuro con la bioconstrucción, cada vez más presente.

En 2021 y 2022 se suceden cuatro visitas de ESTEPA a "La Aldea" en Tenerife. La primera, una presentación de sus instalaciones e integrantes donde se coincide en la pertinencia de la alianza. La segunda, una Formación de Formadores ECVET EB, con simulacro de exámenes incluido, donde participan no sólo los responsables de las futuras formaciones, sino los propios directivos -significando con ello su interés en comprender el sistema a nivel administrativo, logístico, etc.

Para las primeras certificaciones, el personal se prepara utilizando como guía la Unidad M -el material, nivel 2, con el seguimiento a distancia de ESTEPA. Así, llega la tercera visita: tras una revisión conjunta del temario y de las disposiciones tomadas para las prácticas, todos superan el examen exitosamente -incluyendo a la propia formadora. Ya con más confianza desde la experiencia de un ECVET real, un mes después se certifica la Unidad C -revoques, nivel 2, algo más compleja en la implementación del examen práctico. Nuevamente, superado con éxito (Fig. 2).

Su siguiente reto: certificar la Unidad P-producción de BTC, Nivel 3, que exige tiempo de práctica profesional previa, actualmente en progreso. Y la lista podrá ser tan larga como Aldeas Infantiles SOS lo vislumbre, ya que maneja el sistema y va capacitando a sus nuevos formadores.

3. ECVET EN AFRICA: NUEVOS CONTEXTOS, IDIOMAS Y OPORTUNIDADES

3.1. SENEGAL, 2016

El ECVET EB aterrizó en África en 2016, aprovechando la coyuntura de una obra en construcción en BTC en la isla senegalesa de Mar Lodj. Se planteó un taller piloto introductorio sobre tierra guiándose con las unidades M (preparación del material) y P (producción de bloques), en nivel básico, con un falso examen que permitiera identificar la diferencia de dinámicas y retos en un contexto tan diferente al original europeo. Con énfasis de género, su éxito radicó en la implantación posterior de un programa de mujeres en la obra en Senegal, experiencia publicada (Brown, Ndiaye 2018), y en la adopción del BTC como nueva técnica, hasta la actualidad (Fig. 3).

La imposibilidad de certificar fuera de Europa actuó como freno a la expansión del ECVET EB durante varios años, hasta que la evidencia del interés y la capacidad internacional para implementar el sistema, sumada a la creciente experiencia evaluando, acabaron con esa restricción a fines de 2021. El acuerdo de los socios europeos mantiene a sus miembros como garantes presenciales de las evaluaciones a su cargo.

Figura 3. ECVET piloto en Senegal, Unidades M y P.
© María Brown.

3.2. AICRL, 2022 - 2025

En 2022 se concreta una colaboración en Burundi con la AICRL - Aide Internationale de la Croix-Rouge luxembourgeoise (Ayuda Internacional de la Cruz Roja luxemburguesa), y la CRB, Cruz Roja de Burundi. Ambas llevan años apostando por un hábitat más sostenible en el contexto del retorno y repatriación de refugiados. Fueron adquiriendo experiencia construyendo más de 3.000 viviendas y desarrollando proyectos de investigación y práctica, como "De lo urgente a lo sostenible" en 2019. Este evidenció la ventaja ambiental de la tierra en comparación con otros sistemas disponibles (ladrillo, bloque de cemento), y centró la atención sobre un sistema todavía ausente en la región: el BTC. Por ello, en 2022 se adquirieron prensas con un primer objetivo: capacitar para asegurar una transferencia de competencias al personal local, adquiriendo la experiencia necesaria para generalizar su uso en el futuro.

Así entra en escena el ECVET EB. Se propone su introducción ofreciendo no sólo la formación que el grupo necesita: también coronarla con una evaluación ECVET EB, a cargo de ESTEPA, tras la cual los aprendices obtendrán los mismos certificados de calidad que sus pares obtienen en Alemania. Se busca un nivel y perfil muy variado de aprendices, incluyendo a mujeres: la experiencia recorrida confirma que así se afianzan equipos, desde el ingeniero al albañil y a la "bloquera", que trabajarán coordinadamente mejor en el futuro, al compartir el mismo "idioma" y varias semanas de convivencia. Considerando que albañiles avezados que no hablan francés se formarán con ingenieros que han tocado poco el barro, se decide formar y certificar en la Unidad M -la tierra y sus mezclas- en nivel 2, técnico medio, por estar la misma ligada con todas las demás, que podrían llegar más adelante.

De este modo arranca la formación certificada en cada país de trabajo de la AICRL, como la etapa más reciente del viaje del ECVET EB.

3.2.1. Burundi

Así, en noviembre de 2022, la formación de 17 días en materiales, BTC y prensas, nociones de albañilería, estrategias de promoción y autopromoción, seguridad y logística, se desarrolla de forma bilingüe en francés y kirundi (Fig. 4). Hay que repasar matemática, física, geografía; todo se integra. Por supuesto, muchos de los elementos y herramientas requeridos para la Unidad M Nivel 2 no existen en África: son reemplazados buscando inspiración en ferreterías, librerías, mercados y carpinterías.

El examen, bilingüe, toma dos días. El escrito, todos juntos. El práctico requiere dividirse en grupos sucesivos -tanta gente desarrollando prácticas no puede evaluarse simultáneamente con una sola evaluadora. El oral, breve e individual, a veces con traductor. Los postulantes son 16 -dos ingenieros, 10 albañiles y "bloqueros", cuatro voluntarios de la Cruz Roja. Una es mujer. Sus edades van de los 20 a los 40 años. Todos obtienen su diploma ECVET EB.

Figura 4. ECVET en Burundi, Unidad M Nivel 2 extendida.
© María Brown.

Figura 5. ECVET en Níger, Unidad M Nivel 2.
© María Brown.

El testimonio de uno de los nuevos técnicos reafirma los resultados esperados:
Antes no sabía cuál podía ser la causa de un mal bloque, ni cómo garantizar la durabilidad y estabilidad de un refugio construido. Esta certificación me permite ubicarme entre los conocedores de la construcción con tierra a nivel internacional. Podré ganarme la vida mientras asisto a las comunidades que lo necesitan. Gracias al aprendizaje sobre el análisis de la tierra y sobre el uso de las prensas de BTC, podré fabricar bloques resistentes preservando el medio ambiente y aprovechando recursos naturales existentes y accesibles.

Los nuevos técnicos ECVET son contratados casi inmediatamente: hay que construir un depósito con oficinas en la sede de la Cruz Roja de Muyinga y deciden estrenar al equipo: será en BTC. Dos meses después, la calidad del almacén terminado y el desempeño de los flamantes técnicos apuran el siguiente paso: extender esta experiencia a todos los países africanos donde la AICRL trabaja actualmente.

3.2.2. República Democrática del Congo

En abril de 2023 tiene lugar una experiencia similar en Uvira, donde se certifican 14 personas, la mayoría entre 30 y 50 años: cinco ingenieros, cinco albañiles, una "bloquera" mujer, tres profesores de albañilería. La formación y el examen son en francés y swahili.

Los nuevos técnicos abordan de inmediato diversas correcciones a incorporar en un barrio de adobe en construcción, destinado a las familias desplazadas por conflictos internos y catástrofes climáticas. En palabras de uno de los ingenieros del proyecto:
Estamos muy orgullosos del ímpetu teórico y práctico que esta formación ha traído a nuestra vida profesional. Algunos errores cometidos ya son parte del pasado.

Ya en 2024, nuevos proyectos de decenas de viviendas para población vulnerable incorporan los conocimientos del equipo ECVET, incluyendo el uso de BTC por primera vez.

3.2.3. Mali

En septiembre de 2023, Mali requiere de una formación en tierra para un programa formativo de mejora sostenible del hábitat, en marcha. Su composición (29 albañiles) no permite implementar el ECVET completo, y se opta por formar en los aspectos más relevantes a dos grupos de 17 personas cada uno, que se completarán y certificarán más adelante en 2024. Las lenguas son el francés y el bambará. Entre los voluntarios participantes hay dos mujeres.

3.2.4. Níger

En diciembre de 2023 toca Níger. De los 17 postulantes, 6 son ingenieros y staff AICRL, 8 albañiles y adoberos, una voluntaria de la Cruz Roja, y dos formadores de la ANCSB[8], entidad que promueve la construcción sin madera. Muchos han recorrido 1.000 km, otros algunos cientos. Las lenguas de trabajo son el francés, en minoría, y dos locales, hausa y djermá -un reto nuevo. 6 candidatos son analfabetos -la mayoría de los 7 participantes mayores de 50 años. El resto supera los 30. ECVET se adapta y se certifican 8 postulantes en Nivel 2, y 9 en Nivel 1 (Fig. 5).

4. ARGENTINA, UN SISTEMA NUEVO: DEL ECVET AL CERTIFICADO PROPIO

Tras haber rastreado el ECVET EB "adoptado" tal como fue concebido, se presenta un resumen del sistema "adaptado" a un contexto muy diferente (Brown 2021).

Desde la primera presentación del ECVET en Argentina en 2014, su eco en la provincia de Santa Fe es inmediato. La Universidad Tecnológica Nacional UTN[9], con 29 facultades en todo el país, está interesada. Ariel González, experto en tierra de la Facultad de Ingeniería, considera probar el sistema: con una oferta de capacitación informal, despareja y sin garantías, ECVET EB se considera un modelo del que se pueden tomar muchas ideas.

En 2015 y 2017 se imparte en la UTN la primera Formación de Formadores ECVET fuera de España -dirigida a constructores, profesionales, albañiles, empresarios, etc.- como base teórica. En 2018 y 2021 la UTN envía un profesor a España

8. ANCSB Association Nigérienne de Construction Sans Bois https://ancsb.org
9. https://utn.edu.ar/es/

PAYS	CANDIDATS	AGE < 30 ANS		AGE 30-50 ANS		AGE > 50 ANS		FEMMES		LANGUE LOCALE		UNITÉ ECVET								NIVEAU 3		NIVEAU 2		NIVEAU 1	
	Nº	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	M	%	P	%	C	%	O	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
BURUNDI 1	16	4	25%	12	75%	0	0%	1	6%	6	38%	16	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	16	100%	0	0%
BURUNDI 2	14	5	36%	6	43%	3	21%	3	21%	6	43%	14	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	14	100%	0	0%
RDC	15	0	0%	12	80%	3	20%	1	7%	5	33%	15	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	15	100%	0	0%
NIGER	17	0	0%	10	59%	7	41%	1	6%	10	59%	17	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	8	47%	9	53%
MADAGASCAR	15	6	40%	7	47%	2	13%	2	13%	4	27%	15	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	15	100%	0	0%
BURKINA FASO	15	0	0%	12	80%	3	20%	1	7%	0	0%	15	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	15	100%	0	0%
AFRIQUE	92	15	16%	59	64%	18	20%	9	10%	31	34%	92	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	83	90%	9	10%
ESPAGNE			11%		92%		5%		38%		0%		14%		27%		35%		24%		76%		22%		3%
GLOBALE			15%		72%		16%		18%		24%		75%		8%		10%		7%		22%		71%		8%

Figura 6. ECVET en Africa y España: datos desagregados actualizados.

para profundizar en el ECVET EB y certificarse en la Unidad P-Producción. La estrategia es contar con un diplomado ECVET «dentro de la estructura» de la UTN para involucrar más fácilmente a la Universidad.

En 2022 se realiza el taller participativo final en UTN-Santa Fe. Se acuerda que la prioridad regional es la quincha (entramado, bahereque), técnica ausente en ECVET EB y extendida en la región. El grupo convocado, muy diverso en profesiones y experiencia, redacta los borradores del sistema LITORAL-ECT de tres unidades: el formato, propio del enfoque competencial (qué sabes hacer, no importa cómo lo aprendiste), no puede negar su origen "ecvetero" aunque cubre las necesidades regionales. Del ECVET EB se adaptan y rebautizan dos unidades: M-Mezclas y R-Revocos. La innovación viene con la Unidad Q-Quincha, en niveles albañil y ayudante de albañil (ECVET Nivel 3 y 2).

Estas unidades Litoral-ECT se presentan a la UTN, que avala el contenido; exigiendo, eso sí, "certificar un oficio completo" integrado por todas las unidades propuestas, y añadiendo un módulo obligatorio de seguridad laboral. Así, en abril de 2023, nace el nuevo Oficio CT-Q "Construcción con Tierra - Quincha", reconocido por la UTN en dos niveles (Fig. 7). La primera evaluación, en julio de 2023, certifica a expertos sin capacitación preliminar, como compete a sistema de certificación. Todos aprueban el nivel superior.

Santiago Cabrera, director del Grupo Tierra Firme, resume el proceso:

1. MB: ¿Cómo desarrollaron las Unidades Litoral-ECT? ¿Perfil de las personas intervinientes?

SC: Se conformó un Grupo de Trabajo constituido por quienes asistieron al taller que vos diste, siendo quienes más partici-

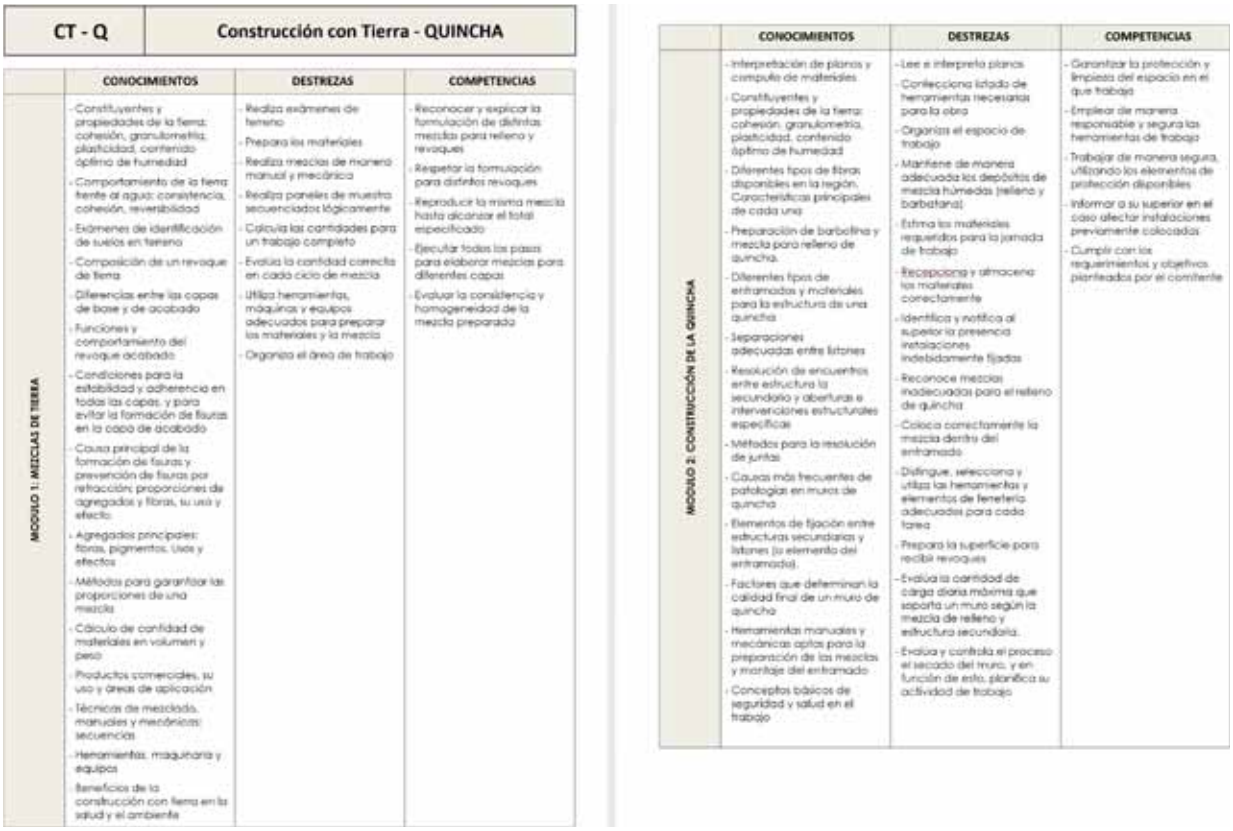

CT - Q
Construcción con Tierra - QUINCHA
CONOCIMIENTOS
DESTREZAS
COMPETENCIAS
MODULO 1: MEZCLAS DE TIERRA
- Constituyentes y propiedades de la tierra: cohesión, granulometría, plasticidad, contenido óptimo de humedad
- Comportamiento de la tierra frente al agua: consistencia, cohesión, reversibilidad
- Exámenes de identificación de suelos en terreno
- Composición de un revoque de tierra
- Diferencias entre las capas de base y de acabado
- Funciones y comportamiento del revoque acabado
- Condiciones para la estabilidad y adherencia en todas las capas, y para evitar la formación de fisuras en la capa de acabado
- Causa principal de la formación de fisuras y prevención de fisuras por retracción; proporciones de agregados y fibras, su uso y efecto
- Agregados principales: fibras, pigmentos. Usos y efectos
- Métodos para garantizar las proporciones de una mezcla
- Cálculo de cantidad de materiales en volumen y peso
- Productos comerciales, su uso y áreas de aplicación
- Técnicas de mezclado, manuales y mecánicas: secuencias
- Herramientas, maquinaria y equipos
- Beneficios de la construcción con tierra en la salud y el ambiente
- Realiza exámenes de terreno
- Prepara los materiales
- Realiza mezclas de manera manual y mecánica
- Realiza paneles de muestra secuenciados lógicamente
- Calcula las cantidades para un trabajo completo
- Evalúa la cantidad correcta en cada ciclo de mezcla
- Utiliza herramientas, máquinas y equipos adecuados para preparar los materiales y la mezcla
- Organiza el área de trabajo
- Reconocer y explicar la formulación de distintas mezclas para relleno y revoques
- Respetar la formulación para distintos revoques
- Reproducir la misma mezcla hasta alcanzar el total especificado
- Ejecutar todos los pasos para elaborar mezclas para diferentes capas
- Evaluar la consistencia y homogeneidad de la mezcla preparada
CONOCIMIENTOS
DESTREZAS
COMPETENCIAS
MODULO 2: CONSTRUCCIÓN DE LA QUINCHA
- Interpretación de planos y cómputo de materiales
- Constituyentes y propiedades de la tierra: cohesión, granulometría, plasticidad, contenido óptimo de humedad
- Diferentes tipos de fibras disponibles en la región. Características principales de cada una
- Preparación de barbotina y mezcla para relleno de quincha
- Diferentes tipos de entramados y materiales para la estructura de una quincha
- Separaciones adecuadas entre listones
- Resolución de encuentros entre estructura secundaria y aberturas e intervenciones estructurales específicas
- Métodos para la resolución de juntas
- Causas más frecuentes de patologías en muros de quincha
- Elementos de fijación entre estructuras secundarias y listones (o elemento del entramado).
- Factores que determinan la calidad final de un muro de quincha
- Herramientas manuales y mecánicas aptas para la preparación de las mezclas y montaje del entramado
- Conceptos básicos de seguridad y salud en el trabajo
- Lee e interpreta planos
- Confecciona listado de herramientas necesarias para la obra
- Organiza el espacio de trabajo
- Mantiene de manera adecuada los depósitos de mezcla húmedas (relleno y barbotina)
- Estima los materiales requeridos para la jornada de trabajo
- Recepciona y almacena los materiales correctamente
- Identifica y notifica al superior la presencia instalaciones indebidamente fijadas
- Reconoce mezclas inadecuadas para el relleno de quincha
- Coloca correctamente la mezcla dentro del entramado
- Distingue, selecciona y utiliza las herramientas y elementos de ferretería adecuados para cada tarea
- Prepara la superficie para recibir revoques
- Evalúa la cantidad de carga diaria máxima que soporta un muro según la mezcla de relleno y estructura secundaria.
- Evalúa y controla el proceso el secado del muro, y en función de esto, planifica su actividad de trabajo
- Garantizar la protección y limpieza del espacio en el que trabaja
- Emplear de manera responsable y segura las herramientas de trabajo
- Trabajar de manera segura, utilizando los elementos de protección disponibles
- Informar a su superior en el caso afectar instalaciones previamente colocadas
- Cumplir con los requerimientos y objetivos planteados por el comitente

Figura 7. Módulos Mezclas y Quincha, CT-Q de la UTN.

paron una albañila-bioconstructora experta en quincha, algunos miembros de la Cooperativa Teko y un ingeniero empresario y bioconstructor.
Modalidad: desde UTN armamos un esqueleto y una propuesta básica, compartida con las personas indicadas arriba, quienes realizaron sus devoluciones y comentarios. Luego, con todo ese material, desde UTN se rearmaron los módulos y se compartieron nuevamente, para realizar los ajustes finales. Así se conformaron los tres módulos, dos adaptados y uno novedoso.

2. MB : ¿La UTN conoce la evolución ECVET-ACVET-Litoral-ECT de unidades independientes?
SC : La conoce. Sin embargo, como Universidad para la UTN lo importante es certificar "oficios completos", no módulos puntuales, motivo por el cual nos invitó a "unificar" los módulos presentados en un oficio denominado "CT-Q Construcción con tierra-Quincha".

3. MB: Las unidades independientes en niveles de Litoral-ECT, ¿seguirán existiendo o ampliándose a otras, o es el fin de la organización de un sistema a la carta por niveles?
SC: Seguirán existiendo, pero no vislumbramos aún alguna entidad con "ganas" y capacidad para emplearlos. Puntualmente desde UTN, en el corto y mediano plazo, usaremos la versión combinada para poder certificar el oficio completo.

4. MB: ¿En qué medida crees que la UTN le dio importancia, aceptando al fin negociar esta certificación, a los siguientes puntos? (Fig. 8).

5. MB: ¿Serás el único certificador por ser profesor de la UTN; con el tiempo formarás a otros?
SC: Por el momento yo soy el único certificador. Sin embargo, se espera que otros profesionales puedan sumarse, siempre que sean arquitectos o ingenieros y demuestren idoneidad en el tema. Lamentablemente para la UTN alguien que es "sólo albañil/a" no puede ser evaluador/a ni certificador/a.

6. MB: ¿Quién redacta los exámenes?
SC: El examen lo armamos con la bioconstructora experta en quincha. Acordamos 10 preguntas de teoría, de manera escrita u oral, según prefiera quien se examine, y la práctica a evaluar en obra. Según lo que indica el módulo, proponemos la pregunta o el ejercicio para que el postulante demuestre sus destrezas y conocimientos.

7. MB : ¿Habrá un segundo "Oficio UTN" en BTC que comparta el módulo de Material y de Seguridad laboral? ¿La albañilería de tierra se incorporará al oficio existente o será separada?
SC : Se espera armar un segundo oficio denominado "Fabricación y construcción con BTC", y luego un tercero denominado "Fabricación y construcción con adobes", ya que tenemos todo para hacerlo; esperamos llevar adelante esta primera certificación en quincha y luego ponernos con eso.

8. MB : ¿Revoques decorativos y ornamentos, será oficio? Sin ser albañil ni quinchero ni betecero, el tema del muralismo y la decoración es atractivo para el mundo urbano.
SC : De ornamentos no hablamos mucho, tal vez por el perfil de quienes nos reunimos a tratar el tema.

9. MB: A tu juicio, ¿sigue siendo un reto explicar a personas e instituciones que estos sistemas basados en resultados de aprendizaje, están diseñados para certificar competencias, más allá de que se realice una capacitación previa?
SC: Efectivamente, hoy estamos "desencontrados" con algunos participantes de los talleres porque para ellos desde UTN debemos dar la capacitación previa. Y nosotros entendemos que esa es otra instancia: ahora solo "certificamos" que determinadas personas sean "competentes para realizar un determinado oficio". Que luego podamos usar la estructura para dar cursos de formación es una buena idea, pero no va obligatoriamente unido.

	Poco importante	Importante	Muy importante
a) Las experiencias sucesivas de los T4T Formación de Formadores ECVET EB organizadas en la casa (2015, 2017, 2022)		X	
b) El haberse basado el Litoral-ECT en el conocimiento del ECVET EB como sistema sólido y vigente en Europa			X
c) El haberse redactado el Litoral-ECT por gente de dentro y fuera de la UTN, con un abanico de gente con distintas visiones del oficio	X		
d) El hecho de que el profesor de la UTN impulsor tenga un par de certificados ECVET y la experiencia personal de los exámenes		X	
e) El hecho de que el profesor de la UTN impulsor sea miembro de la entidad europea que certifica ECVET en España y en el mundo		X	
f) El hecho de que el profesor de la UTN impulsor venga de una larga trayectoria en el Grupo Tierra Firme y sea el continuador de Ariel González, con décadas de aval en investigación en tierra			X

Figura 8. Módulos Mezclas y Quincha, CT-Q de la UTN.

CONCLUSIÓN

Tras postular la flexibilidad, la inclusividad social y la "mundialidad" del ECVET EB como herramienta de excelencia técnica, se ha pretendido acentuar y poner en relieve esas dimensiones.

Aunque con resultados aún muy locales e incipientes, las lecciones aprendidas en Europa y África se acumulan y los datos disponibles permiten preguntas tempranas.

¿ Qué aprendizajes va dejando el ECVET EB en América y en África ? ¿Qué aspecto de sus potenciales impactos prioriza cada uno y por qué? ¿La validación de la capacitación técnica de cara a obras de mayor calidad, la profesionalización gradual de quienes ya están involucrados en estos oficios, el reconocimiento social y oficial de los mismos? ¿La flexibilidad de los itinerarios de capacitación posibles respondiendo a los intereses y la trayectoria de cada persona, la ampliación de las perspectivas laborales para colectivos vulnerables?

Los datos desagregados muestran ya tendencias y patrones; comparando con ECVET en España surgen preguntas sobre similitudes y diferencias. Y cuando se afiance el sistema CT de la UTN en Argentina, sus datos también retroalimentarán las estrategias futuras de acción, para cada lugar. La intención es seguir andando camino de la mano de nuevas alianzas, algunas ya vislumbradas, otras insospechadas, en aras de un reconocimiento creciente de la excelencia en los oficios de la tierra y en la de sus practicantes. Que así sea.

BIBLIOGRAFÍA

Brown, M. y Mas, M. (2015). "El proyecto PIRATE: formación profesional y certificación en construcción con tierra, desde Europa al mundo", in: 15 °SIACOT *Tierra, sociedad, comunidad*, Cuenca, Ecuador, p. 590-602, https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/07/15-SIACOT-Ecuador-2015.pdf

Keable, R. and Brown, M. (2018). "Shifting the possible: training outcomes for earth structures", in: GANDREAU, David, HUBERT, Alix, JOFFROY, Thierry, RAKOTOMAMONJY, Bakonirina (dir.), 2022. TERRA EDUCATION III. *Perspectives pour le développement de l'enseignement sur les architectures de terre : Actes des ateliers scientifiques internationaux*, Grenoble, France. Villefontaine : CRAterre Éditions. 221 p. Coll. International Scientific Workshop, 2, p. 36-42, https://craterre.hypotheses.org/5129,

Brown, M. y Ndiaye, S. (2018). "Mujeres a la obra: género y construcción con tierra en Senegal", in: 15°SIACOT, *Tierra, Cultura, Hábitat Resiliente y Desarrollo Sostenible*, Antigua, Guatemala, p.616-627. https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/06/18-SIACOT-Guatemala-2018.pdf

Brown, M. (2023). "ECVET, ACVET: rastreando la diáspora de la certificación en oficios de la tierra y sus beneficios", in: 21 °SIACOT, Bogotá, Colombia, p. 847-858, https://redproterra.org/wp-content/uploads/2024/01/Memorias-com-ISBN-janeiro.pdf

NOTA BIOGRÁFICA DE LA AUTORA

María BROWN BIRABÉN Arquitecta; +30 años en diseño, construcción y formación en proyectos de tierra en Argentina, Chile, Haití, Senegal, Mali, Burkina Faso, Chad, Níger, Burundi, RDCongo y Madagascar. Actual Punto focal Construcción con tierra en África con CR Luxemburgo; antes ASF, CR Española y más ONGs; presidenta de ESTEPA; redactora del ECVET EB; miembro de Proterra.

Le tombeau des Askias, Gao, Mali, Mission UNESCO-UE, 2016 © T.Joffroy

THEME 4

PARTENARIATS ET PLURIDISCIPLINARITÉ
PARTNERSHIPS AND MULTIDISCIPLINARITY
ASOCIACIONES Y MULTIDISCIPLINARIEDAD

FULL IMMERSION NELLA TERRA: ENSEIGNER LA CONSTRUCTION EN TERRE CRUE EN PARTAGEANT LES EXPÉRIENCES.

Maddalena ACHENZA, DICAAR Università degli Studi di Cagliari (maddalena.achenza@unica.it)
Miguel FERREIRA MENDES, architecte, CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA (m.ferreira.mendes@craterre.org)
Jean-Marie LE TIEC, architecte, CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA (jm.letiec@craterre.org)

RÉSUMÉ

Cette contribution décrit une expérience, en action depuis près de deux décennies en Sardaigne (Italie), visant à améliorer la sensibilisation au patrimoine architectural local en terre, notamment la partie sud-ouest de l'île (la plaine du Campidano) qui est fortement caractérisée par des villages et des villes construits en terre crue, rassemblant des maisons a patio, construites en adobe, appelées *case campidanesi* (maisons du Campidano).

Grâce à un effort commun initié à la fin des années 1990, les municipalités locales, l'Université de Cagliari et les entreprises de construction ont mis en place un ensemble d'actions dans le but de préserver, restaurer et potentiellement adapter l'important parc bâti en terre du Campidano comme un levier de ressources économiques (Achenza, Muscas 2001).

Dans cette optique, des actions éducatives annuelles rassemblant étudiants, artisans, citoyens et élus sont organisées sous forme d'ateliers pratiques appelés « Full Immersion Nella Terra ». Ces actions ont pour objectif principal de sensibiliser les acteurs de la construction et du patrimoine aux spécificités de la construction en terre crue au travers d'expériences individuelles et collectives les engageant dans une confrontation aux réalités constructives et sensitives.

INTRODUCTION

Le patrimoine architectural construit en terre crue est difficile à préserver et à gérer, en raison de la fragilité intrinsèque du matériau et surtout en raison de la perte des connaissances liées à la construction en terre.

Les chercheurs s'accordent sur le fait que pour préserver le patrimoine bâti en terre, et toute la culture immatérielle qui lui est liée, il est fondamental d'avoir une parfaite connaissance du patrimoine lui-même (en termes de matériaux, de technologies, de typologies, etc.) et, en même temps, de mener des actions visant à l'éducation des populations afin de les sensibiliser aux valeurs exceptionnelles que ce patrimoine confère tant aux paysages qu'au cadre de vie (AA.VV. 2009).

Aucune action de conservation ou de préservation des cultures locales ne peut être considérée comme réussie si les populations ne reconnaissent pas l'importance de l'effort d'engagement qui leur est demandé.

La collaboration entre professionnels et société civile est donc essentielle, dans le cadre d'un travail commun visant, à terme, à maintenir vivants les cultures et les savoir-faire locaux à travers le temps. Cette collaboration implique l'analyse et la validation du patrimoine existant et de ses caractéristiques, l'étude du savoir-faire local en matière de construction, l'identification des ressources locales tant matérielles qu'humaines,

la formulation de propositions pour la réutilisation efficiente des anciennes structures à de nouvelles fins, et la mise à jour des savoir-faire et des pratiques existantes (actuellement ou en disparition) (Achenza, 2005a).

Dans ce processus, l'intervention politique est également fondamentale, non seulement pour réglementer, mais surtout pour accompagner les sociétés vers une croissance culturelle, en commençant par la reconnaissance des identités locales (Bollini 2005).

1. L'ÉVOLUTION DES ATELIERS DE L'UNIVERSITÉ DE CAGLIARI

1.1. LE CONTEXTE INITIAL

L'immense variété d'utilisation de terre crue en tant que matériau de construction, au niveau des techniques de construction et des particularités de leur de mise en œuvre, constitue à la fois la richesse et la difficulté de transmission des savoirs et des bonnes pratiques dans ce domaine.

Il n'est pas possible de définir un « cahier de recettes » ou des séquences de pratiques « prêt-à-l'emploi » pour construire en terre, dus à l'absolue nécessité de contextualiser chaque approche (méthodes, stratégies et objectifs) en fonction de l'existant - les savoirs, les compétences (techniques et pratiques), et les différentes ressources existantes (type(s) de terre(s), compétences et main-d'œuvre disponibles).

Tout chantier - que ce soit une construction neuve, une réhabilitation, ou une intervention de conservation - demande une stratégie spécifique et contextualisée, soit au niveau du projet, soit au niveau de la logistique, soit au niveau de la mise en œuvre. Lorsqu'il s'agit d'un chantier mettant en œuvre de la terre crue, cette contextualisation atteint des niveaux d'attention encore plus exigeants. En effet, le matériau « terre crue » n'étant pas industrialisé, il présente des propriétés physico-chimiques qui varient d'un lieu d'extraction à un autre selon la géologie et la pédologie du site. De ce fait, le champ des possibles pour l'utilisation d'une terre en construction est variable selon les contextes.

L'intelligence constructive est donc prépondérante au matériau. C'est le savoir de la main qui guide la conception d'un projet jusqu'à sa mise en œuvre. Une bonne pratique ne passe donc pas par une application de recettes, mais par une bonne compréhension des comportements de la matière et des matériaux au travers de dispositions constructives mettant en valeur les atouts des matériaux mis en œuvre. La transmission de savoirs doit donc se baser sur une « intimité sensorielle » avec les matériaux et leurs nuances, et non sur une logique normalisée d'application de procédures homologuées et codifiées (Dipasquale, 2023).

Ainsi, les ateliers de sensibilisation menés dans les différentes éditions de l'atelier Full Immersion Nella Terra ont pris cet axe comme base pour une approche immersive dans laquelle il est envisagé de connaître les principes, autant que de comprendre les subtilités de la terre et des principales techniques de construction avec ces matériaux, pour ainsi créer une relation dynamique avec une matière « vivante », dans un processus intime de symbiose entre la matière, le matériau, le concept et la pratique (Ferreira Mendes, 2003).

1.2. LES PREMIÈRES EXPÉRIENCES

Étant consciente que ce type de savoir-faire avait disparu des programmes académiques, l'Université de Cagliari propose depuis 2002 (Fig.1) une formation continue sur l'architecture de terre (Galdieri, 2010). Les activités éducatives visant à diffuser les connaissances sur la construction en terre, tant auprès des étudiants que des constructeurs, ont toujours été organisées en collaboration avec l'Associazione Città della Terra Cruda, association à but non lucratif de municipalités italiennes, née en Sardaigne et rapidement diffusée dans le reste de l'Italie. L'association manquant d'entreprises de construction et de producteurs capables de garantir la conservation du patrimoine bâti en terre, elle est un partenaire indispensable aux programmes de formation et de (re) valorisation des savoir-faire vernaculaire.

Figure 1. À l'école bâtisseurs à Cagliari en 2002.
© Maddalena Achenza.

Figure 2. À l'école bâtisseurs à Cagliari en 2004.
© Maddalena Achenza.

Au début, les activités éducatives prenaient la forme d'ateliers d'été organisés en collaboration avec d'autres institutions (Technische Hochschule - Université de Kassel en 2002 et 2003, Università di Udine de 2004 à 2009, CRATerre en 2011, 2013, 2016)[1], et se concentraient sur la conception architecturale et la mise en œuvre (Fig. 2 et 3).

1.3. L'ÉVOLUTION VERS DES ATELIERS INTERNATIONAUX

À partir de 2012 (Fig.4 et 5), les ateliers d'été se sont transformés en ateliers internationaux et ont inclus l'utilisation de matériaux de construction complémentaires tels que le bambou et le bois. Ils se sont focalisés sur la spécialisation dans des techniques de construction traditionnelles sardes telles que l'adobe et les enduits.

L'internationalisation a été déclenchée par la participation d'un groupe d'apprenants algériens grâce aux échanges existants dans les années 2010 entre l'Université de Cagliari et le Ministère de la Culture en Algérie.

Au cours des années précédentes, la formation était dédiée, et en quelque sorte adaptée, aux participants locaux. Les étudiants et les travailleurs venaient de l'Université de Cagliari ou étaient directement sélectionnés par les municipalités en fonction des demandes du marché de la construction. Au fil des années, de plus en plus de personnes du continent et, peu à peu, de l'étranger ont présenté des demandes de participation.

1.4. LE PASSAGE AU FORMAT ACTUEL - FULL IMMERSION NELLA TERRA

Enfin, en 2016, un nouveau format a été adopté pour mieux répondre aux besoins à venir, prenant le nom de Full Immersion Nella Terra. L'atelier propose depuis lors un cours intensif de 5 jours avec plusieurs modules différents sur différentes techniques de construction.

L'atelier s'est déroulé dans les premières années dans les locaux de l'école bâtisseurs de Cagliari, avec sa participation directe sur la formation professionnelle. De 2010 à 2017, les activités ont été transférées à Serrenti, où a été créé le LAT - Laboratorio Arti della Terra - dans lequel l'Université a installé un laboratoire permanent bien équipé pour ses cours académiques sur l'architecture de terre. Plus tard, en 2018, il a été décidé de faire de l'atelier un événement itinérant pour rendre l'action de sensibilisation plus proche des territoires et de leurs habitants.

Le contenu de l'atelier a également varié au fil du temps. Dans les premières années, il était considéré comme très important de concentrer l'éducation sur le renforcement des capacités techniques. Ce n'est que plus tard que l'on s'est rendu compte qu'une action plus profonde devait être menée pour ramener la construction en terre à une acceptation commune et diffusée. L'Université, l'administration publique et les entreprises de construction ont commencé à coopérer pour créer une nouvelle prise de conscience, en accompagnant ces activités par d'autres qui comprenaient des actions visant à réglementer la construction en terre, à créer une littérature de référence, à accroître la conscience et les connaissances des propriétaires.

Au cours de son existence, l'atelier a accueilli tous types de participants, étudiants, ouvriers, constructeurs, professionnels et propriétaires venus de tous les continents. Lors de la dernière édition 2023, l'atelier a aussi intégré un BIP ERASMUS (Blended Intensive Pro-

1. 2002-2003, Summer Workshop on earthen architecture design and construction in cooperation with the Technische Hochschule - University of Kassel, 40 hrs.
2004- 2009 Summer Workshop on earthen architecture design and construction in cooperation with Università di Udine (40 hours). 2010 International Workshop on earthen architecture design and construction in cooperation with CRATerre - Grenoble (France).
2011 Summer Workshop on earthen architecture design and construction in cooperation with CRATerre - Grenoble (France) (40 hours) 2012 International Workshop «Building with earth and bamboo» (40 hours).
2013 International workshop "Knowing the earth as a building material. Itineraries to discover the traditional heritage of Sardinia « (40 hours) in cooperation with CRATerre - Grenoble (France).
2014- 2015 International workshop «Traditional Japanese plasters and finishes» in collaboration with Kenji Matsuki (25 hours). 2016-today Full Immersion.

Figure 3. Au LAT à Serrenti en 2010.
© Maddalena Achenza.

Figure 4. Au LAT à Serrenti en 2011.
© Maddalena Achenza.

gram) et un groupe d'étudiants provenant des universités de Timisoara (Roumanie) et de Malmö (Suède) a partagé l'expérience collective.

Cette extrême diversité de participants, différents en termes d'âge, de provenance et d'expérience, qui aurait pu limiter la portée de l'activité a, bien au contraire, enrichi et stimulé la transmission des connaissances à tous les niveaux, la transformant en un grand succès.

2. LE WORKSHOP FULL IMMERSION NELLA TERRA

2.1. LES ATELIERS

Depuis la première édition en format Full Immersion Nella Terra, plus d'une centaine de personnes ont reçu une formation de base sur la construction en terre, lors du déroulement de cinq sessions annuelles des ateliers, entre 2017 et 2023 - les éditions de 2020 et 2021 ayant été annulées dues à la pandémie COVID.

Les ateliers ont été animés par des équipes de formateurs composées de professionnels formés au CRAterre, à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble[2], avec l'assistance technique et logistique de jeunes architectes provenant de l'Université de Cagliari[3].

La formation est basée sur deux axes :
1. la connaissance et compréhension de la terre en tant que matière première et matériau de construction ;
2. les principes de production et de construction des techniques constructives ciblées, et les bonnes pratiques de mise en œuvre.

2. Au fil des années, ont participé en tant qu'enseignants : Maddalena Achenza, Nuria Alvarez Coll, Isabella Breda, Wilfredo Carazas Aedo, Miguel Ferreira Mendes, Anne Lemarquis, Jean-Marie Le Tiec, Patricia Marchante, Alina Negru, Grégoire Paccoud, Davide Pedemonte, Daniel Quintao, Amanda Rivera Vidal, Alba Rivero Olmos, Alessandro Serra.

3. Dans les cinq éditions mentionnées de Full Immersion Nella Terra (2017-2023), les assistants pour les ateliers ont été : Alice Argus, Marta Cappai, Chiara Cocco, Maria Antonietta Ladu, Salvatore Pillosu, Maura Serra.

La transmission de contenus liés à ces deux axes est basée sur une approche *hands-on*, pendant laquelle la pratique est accompagnée de la transmission des principes théoriques et scientifiques.

Les techniques constructives ont été ciblées en fonction des critères jugés pertinents pour le contexte (Italien, Européen, contemporain), notamment son existence historique (le cas de l'adobe et du torchis), ou l'existence d'une dynamique dans l'architecture contemporaine (le cas du pisé).

Les thématiques ont été groupées sous forme de modules, qui ont varié en fonction d'une logique d'optimisation des éditions successives, et qui peuvent à présent être décrites ainsi :
- compréhension de la matière, ses propriétés et caractéristiques : analyse de terres ; essais de caractérisation ; relation état-hydrique/action mécanique (test « carazas ») ; étude sensorielle de la matière ;
- terre moulée : adobe ; terre allégée ;
- terre comprimée : pisé ; BTC (blocs de terre comprimée) ;
- terre de remplissage : torchis ;
- terre de finitions : enduits et peintures.

2.2. LA MÉTHODOLOGIE DE FORMATION

Chaque module est animé par la réalisation d'exercices pratiques et d'expérimentations, avec une contextualisation théorique et scientifique transmise en simultané. Les différentes techniques sont abordées à leurs différentes étapes de production - compréhension des types de sols appropriés pour la mise en œuvre de chaque technique constructive ; dosage et mixage ; outils et équipements ; mise en œuvre de production ; prise et cure - et de construction - montage des équipements nécessaires ; exécution ; contrôle de qualité (Fig. 6 et 7). Des imperfections de mise en œuvre - parfaitement naturelles dans un contexte d'apprentissage et d'expérimentation - créent des opportunités pour encore quelques exercices de réparation, ceci notamment dans les cas du pisé et des enduits.

Figure 5. Participants italiens et algériens en 2013, LAT Serrenti. © Maddalena Achenza.

Figure 6-7. PFull Immersion Nella Terra au LAT Serrenti en 2017 et 2019. © Maddalena Achenza.

Les éditions réalisées en contexte de chantier - Villa San Pietro, 2018, et Pula, 2023 - ont aussi permis d'intervenir directement sur des bâtiments existants, ceci permettant trois aspects complémentaires et fondamentaux :

1. la validation de l'utilisation de ce matériau et de ces techniques dans des chantiers en des contextes réels, et la viabilité de sa mise en œuvre dans l'actualité ;
2. la consolidation et l'amélioration du bâti existant (même si c'est réalisé à toute petite échelle) ;
3. la création de témoins. Des structures et éléments construits qui pourront être l'objet de monitoring et de constatation de leur évolution, et éventuellement de constituer une matière d'interventions futures d'entretien (ceci en renforcement du point 1. « validation »).

Ces interventions ont été notamment des murs cloisons en adobes et en pisé, un mur externe en pisé, et des enduits de réparation, amélioration et finition sur plusieurs murs intérieurs et extérieurs.

Dans certaines éditions de l'atelier réalisées à Serrenti, aux installations du LAT - Laboratorio Arti Nella Terra - il a aussi été possible de construire des éléments permanents, notamment un morceau d'un mur de clôture en pisé.

3. PARTAGES D'EXPÉRIENCES

3.1. LA CONTEXTUALISATION EN TANT QUE MÉTHODE

L'idée de contribuer à une sensibilisation et une validation de ces techniques dans l'actualité a été à la base du choix de chercher à avoir des participants de différentes origines, en termes de compétences, métiers, implication dans le domaine, ou origine géographique, pour une meilleure diffusion des savoirs et bonnes pratiques.

Les spécificités inhérentes à toutes formes et techniques de construction en terre crue demandent une contextualisation de l'approche pour chaque endroit, chaque cadre, chaque projet, chaque chantier, chaque intervention. Cela demande, à son tour, une stratégie de diffusion des savoirs prenant en considération les différents aspects, visions, souhaits, objectifs, enjeux pour ces différents contextes - l'approche *processus*, par opposition à l'approche *produit*.

L'un des aspects les plus enrichissants des formations du type des ateliers Full Immersion Nella Terra réside justement dans le fait que ses intervenants - les participants et les formateurs - sont issus d'origines et de contextes très différents, que ce soit en termes d'origine géographique, de contexte social, de formation académique ou autre, ou d'expérience professionnelle et/ou personnelle. Cette pluralité ajoute une plus-value sur la capacité de vision critique commune, ce qui contribue à un meilleur et plus profond questionnement sur la (les) problématique(s) transversale(s), ainsi que pour une réflexion commune amplifiée, sur des pistes pour une stratégie de mise en valeur de la construction en terre crue soutenue par des principes plus universels.

La convergence des expériences, des recherches et des questionnements personnels de chacun des participants sur un défi concret partagé - rendre viable (au sens le plus large) aujourd'hui la construction en terre crue - se décline donc en une réflexion plurielle, qui trouve expression et corps de réflexion commune dans l'interaction de ces expériences et lectures individuelles.

Pendant et en marge des séances de travail des ateliers, cet échange devient interactif, avec la « provocation » mutuelle de réflexions, entre ouvriers du bâtiment et universitaires, spectateurs et étudiants, sardes et étrangers, habitants des zones urbaines ou rurales, etc. Chacun avec sa vision, ses expériences et questionnements, en complémentarité de celles des autres.

Cette réflexion multiforme s'écarte d'une méthodologie de formation « traditionnelle » - dans laquelle il y a une cristallisation des solutions et le thème apparaît comme paradigmatique, les participants ayant la responsabilité de s'y adapter et de le collecter de manière proto-axiomatique (tout comme on observe un tableau ou une photographie, restreints par les limites du cadre proposé par ce tableau ou cette photographie). Au contraire, cette réflexion mutualisée permet de centrer le problème de manière dynamique, et d'en avoir une vision plurielle et constructive (tout comme on circule autour d'une sculpture, en faisant évoluer nos lectures et nos perspectives d'observation sur l'objet analysé).

Figure 8. Full Immersion Nella Terra à Serrenti en 2022.
© Miguel Ferreira Mendes.

3.2. POUR UNE DIFFUSION AMPLIFIÉE

L'ancrage des éditions Full Immersion Nella Terra dans l'Université de Cagliari est d'une importance supplémentaire, car cela permet l'établissement de protocoles avec d'autres universités - telles que d'autres établissements d'enseignement européens impliqués (universités d'Espagne, du Portugal, de Roumanie et de Suède) - ce qui constitue une stratégie fondamentale dans la validation de ces techniques et la diffusion de ces connaissances (Fig. 8).

	2017 Serrenti	2018 Villa San Pietro	2019 Serrenti	2022 Serrenti	2023 Pula	*TOTAL*
formateurs	10	5	9	7	6	*37*
assistants	4	4	3	1	-	*12*
participants	35	13	28	16	36	*128*

Tableau 1. Niveaux de participation dans les différentes éditions de Full Immersion Nella Terra.

L'implication de l'administration publique dans les éditions de Full Immersion Nella Terra permet également une validation à un autre niveau - plus institutionnalisée - très importante auprès des populations, fondamentale dans la revalorisation de techniques trop souvent stigmatisées (Tab.1).

À présent, une nouvelle édition de Full Immersion Nella Terra se prépare pour juin 2024, avec plus de 35 participants provenant de 5 pays - Espagne, Italie, Portugal, Roumanie et Suède. Cette édition aura lieu à Serdiana, dans le même site et en simultané avec un événement[4] pour lequel on attend la participation d'environ 20 000 personnes, dont une grande majorité de Sardes. Il est donc primordial pour nous d'ouvrir les ateliers aux visiteurs, afin de sensibiliser un public plus large et directement concerné par les sujets du patrimoine et des intelligences constructives locales dont ils sont les acteurs premiers.

4. La deuxième édition du *Hippie Music Day*, l'événement multiculturel qui présente la musique, le style et les idéaux des années 60 et 70 dans une interprétation moderne, intégrant l'excellence et les expressions artistiques et culturelles du territoire sarde.

CONCLUSIONS

Après les premières éditions ayant eu lieu au LAT - Laboratorio Arti della Terra, à Serrenti, il a été souhaité de créer un rapport plus direct avec les problématiques concrètes présentées par les participants. Une recherche de sites a été menée pour de possibles interventions « réelles » par des chantiers de travaux de réhabilitation de bâtiments ou structures existantes afin de démontrer la validité des techniques et des démarches pour une application dans la réalité contemporaine. Les deux éditions de 2018 à Villa San Pietro (Fig. 9) et de 2023 à Pula - ont permis de concrétiser cette volonté de mettre en lien les élus, les bénéficiaires et les apprenants. Des travaux d'interventions directes de réhabilitation, consolidation ou améliorations ont pu être réalisés et notamment la construction de nouveaux murs en pisé et en adobes, ainsi que la réalisation d'enduits de protection et finition.

Cependant, même si la reconnaissance de la qualité de l'activité proposée est tangible, en faisant un peu d'autocritique, on pourrait dire qu'au niveau local, malgré l'investissement considérable et les gros efforts d'organisation, les résultats n'ont pas été, jusqu'à maintenant, proportionnés. Les entreprises locales ne profitent pas de l'opportunité, même si l'atelier leur est proposé gratuitement et les administrations publiques locales ne profitent pas de l'opportunité de fournir à leurs techniciens des connaissances utiles pour la sauvegarde du patrimoine bâti des centres historiques. Mais plus généralement, le Full Immersion Nella Terra est un événement bien reconnu au niveau national et international et chaque année plus attendu.

Figure 9. Full Immersion Nella Terra à Pula en 2023.
© Maddalena Achenza.

Ceci est confirmé non seulement par le nombre d'inscriptions, mais aussi par les provenances de plus en plus diversifiées des participants (outre toute l'Europe, l'Algérie, l'Arabie Saoudite, les États-Unis, le Japon, le Pakistan, et le Sénégal). L'intérêt des acteurs étrangers permettra, nous l'espérons, de donner un autre regard aux acteurs locaux sur la richesse du patrimoine local et la nécessité de dynamiser le marché de la construction en terre qui, en s'appuyant sur les savoir-faire traditionnels, peut cultiver cette richesse culturelle adaptée au contexte spécifique sarde.

BIBLIOGRAPHIE

Achenza M., Muscas M. (2001), L'Associazione Nazionale Città della Terra Cruda e il ruolo delle reti, in « Architetture di pietra. Materiali e architetture tra innovazione e tradizione, Nuove grafiche Puddu, Serrenti.

AA.VV (2009), I manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, ed DEI, Roma.

Ferreira Mendes M., (2023), Taipa, Argumentum editora, Lisboa.

Bollini G., Lion M., Achenza M., (2005a), La costruzione in terra cruda in Italia: verso una normativa nazionale, editoriale ECO, Roma.

Achenza M., (2005b), Il Labterra - Centro Studi e Ricerche sull'Architettura Regionale in Terra Cruda, in "La costruzione in terra cruda in Italia: verso una normativa nazionale vol 1", editoriale ECO, Roma

Dipasquale L., Mecca S., Montoni L., (2023), Heritage for people Sharing vernacular knowledge to build the future, DIDA Press, Firenze.

Galdieri E., (2010), Scritti sulla terra, ed. Il Prato - esempi di architettura, Saonara (Padova).

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Maddalena ACHENZA est professeur à l'Université de Cagliari (Italie), membre de la Chaire UNESCO Architectures de terre, cultures constructives et développement durable. Coordinatrice du Labterra - Centre d'études et de recherche sur l'architecture en terre de la même Université. Présidente du Comité scientifique ICOMOS - ISCEAH sur le patrimoine architectural en terre.

Miguel FERREIRA MENDES est architecte, Master en Architecture Écologique. Travaille dans la construction en terre depuis 1995, en conception architecturale, formation, suivi de chantier et consultation, dans une vingtaine de pays sur 4 continents. Chercheur associé à CRAterre/ AE&CC/ ENSAG/ UGA. Auteur du livre *Taipa* (Rammed Earth) [éd. Argumentum, Lisbonne, 2023].

Jean-Marie LE TIEC travaille depuis 2005 comme architecte au sein de l'atelier NAMA et comme enseignant-chercheur à CRAterre/ AE&CC/ ENSAG/ UGA, École d'Architecture de Grenoble. Il a participé avec CRAterre à l'élaboration de la réglementation française relative à la construction en pisé.

BEYOND FUNCTION & FABRICS: BUILDING THAT BRINGS BACK MEMORY, TRADITION AND LOCAL CRAFTSMANSHIP.

Fatiha POLIN, Architect & Founder, Perceive Research & Design, Bangladesh (fatihapolin@gmail.com)
Doujita KASFI, Architect, Perceive Research & Design, Bangladesh (doujita.kasfi@gmail.com)

SUMMARY

The traditional building system of Bangladesh is a manifestation of culture and climate of this land. The deltaic plain with heavy monsoon, hot and humid summer, a very short cold winter and the diversity of landscape from riverine village to hilly meadows sets the perfect setting for a wide variety of natural building system. But unfortunately, they are not well recognized and it is difficult to find those expert craftsmen who can build such explicit homes. The craftsmanship is more about a deep-rooted knowledge attached to a person who owns it than to the place where it happens. And the human is a vehicle to transport this to other places for one's self-specific reason, different from the past motivations for the migration at the beginning of community.

But from the last decade, a growing consciousness to revive traditional buildings are rising as part of a sustainable living. One such project is Rupgaon; a knowledge exchange center made of locally available materials and resources in Rupgonj, Narayngani in 2022. A group of local craftsmen was consulted and engaged from the very beginning to build a bamboo and mud building standing on in-situ columns. The traditional matchan (scaffold) system was improvised by a combination of concrete and palm reeds to act as a framed structure to avoid earth filing and cost minimization. Among other building materials are mud flooring, bamboo walls and roof with bamboo mats. It was difficult to source all the materials at a time, finding the right group of people to work, even the piercing rain sometimes obstructed the construction process. But at the end the mutual respect, passion for natural building and strong partnership wins all odd. Thus, the main focus of this paper is to investigate how a multidisciplinary team took up each challenge and solve one step at a time to build a beautiful, naturally lit and ventilated place called Rupgaon.

1. ARCHITECTURAL DESIGN CONCEPT

Until recently conservation activity was not being considered as holistically as it needed to be because the crucial role of management strategies and tactics was not being adequately considered, either as an activity in its own right, or, indeed, importantly as part of an integrated approach to the protection and enhancement of the built cultural heritage.

The site of the project lies about eight feet below from the road level and descends three steps before merging into a vast crop field and a pool of water. Geographically Rupganj, Narayanganj belongs to the Madhupur Tract. Developed largely on Madhupur clays with poor nutrient and somewhat acidic, the soil is red or brown in color. The changes from the floodplains to the Tract are quite sharp, but in some places the floodplain soils overlie the gently inclining edges. Although those properties look horrible for any farmer but ideal for mud construction, there are still some mud houses left in this era of industrialization and globalization.

After several discussions, the basic idea came out that the environment would be the center for exchanging past knowledge, something that refers to the issues of heritage, received from the past that existed before. The craft occupation and urban space nowadays seem unable to reconcile. However, the survival of craft communities is dependent on the local communities themselves. Based on this idea, a 192-foot-long, 95-foot-wide, 8-foot-deep space was to be filled with soil. Such a large area could have been used to build another small structure with the money saved from soil filling. However, the establishment would adhere to the original idea of building the site with eco-friendly materials without filling the soil. Consequently, it has been observed that the neighborhood was built with different materials, such as clay, bamboo, and palm wood, a continuous tradition of the place.

2. SPATIAL ORGANISATION ANALYSIS

2.1. INTERNAL SPACE ARRANGEMENT

Due to its length, this establishment has successively vacated several rooms of various types. This allows for easy light and air circulation, and based on the available space, there are stairs, a kitchen, and a sitting area or toilet in the vacant space, effectively preventing personal protection or polluted air.

Of the two floors, the upper floor is divided into semi-private spaces and the lower floor serves as public spaces with rooms of various sizes. The upper floor includes an office room, a teaching room, a living room, and a nature observation room. On the ground floor, there is an exhibition and sales center, meeting rooms, a dining room, a kitchen, a reading room, and separate male and female bathrooms. The two floors are connected by two stairwells, two ramps, Bamboo Theater and a half-moon-shaped staircase. (Fig. 1,2,3,4)

2.2. TRANSFORMING IDEAS INTO SPACE

It started with a simple idea of ecological living in a community called Jangir, beside the river Shitalakshya amidst lush green, wild bloom, colorful butterflies and birdsong. The peri-urban place bounded by Bashundhara, Khilgaon, Demra Staff quarter on the west and Murapara, Bhulta, Rupshi on the east. The river flows from almost in the middle and this particular site was just beside a low-lying marsh land beside a paddy field enriched by the over flooded river during monsoon.

People still live there in earthen homes, although the rise of concrete construction is evident. Piles of bamboo and palm reeds can be seen floating in the ponds, canals or beels (water reservoir) for seasoning. Life is slow and engaging. People still have time to say "Hello" and chat on a wooden bench under a Banyan tree.

Figure 1. Location map, including adjacent urban fabric and principal landscape features.
© Perceive.

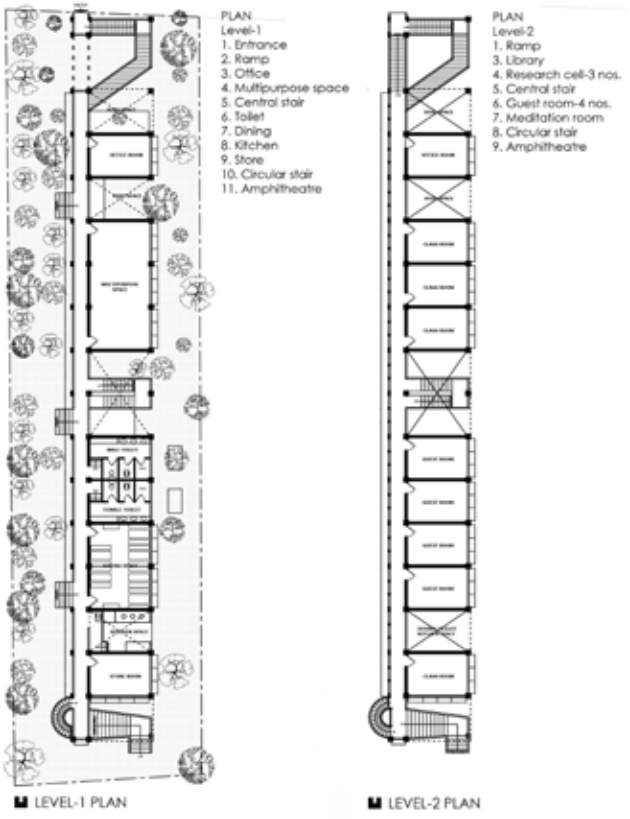


Figure 2. Floor plan.
© Perceive.

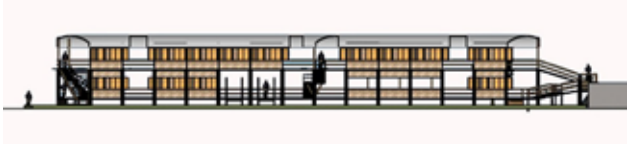


Figure 3. East elevation.
© Perceive.

Figure 4. West elevation.
© Perceive.

So what kind of structure would be suitable for such a place? What exactly would be the program to function as a kind of institution that won't compromise the inherited values; but at the same time sustains a good lifetime? A shaded space in a mango groove, that will be used for a range of activities, including community events, training, meditation, dining as well as some resting place or accommodation. A space, envisioned at encouraging people to visit, was hired out as a venue for other events to generate an income to continue the operation. (Fig. 5)

2.3. COMMUNITY ENGAGEMENT

The design was focused on using local, eco-friendly materials and local artisans, with the potential for training them to build the structure if necessary. The result is a structure built with local, eco-friendly materials and craftsmanship, making any future repairs, modifications, or extensions easy and quick to complete. The architects who designed; it refers to it as "prioritizing the adoption of eco-friendly design principles". It serves as a hub for knowledge sharing, where people of any age or profession can come individually or in groups to learn and share sustainable knowledge. This can range from a few hours to a few days, including meals and accommodations in a blended natural environment.

The first few meetings and site visits were just exploring the place and people. Understanding how they live, build and grow. Then discussing with local craftsmen and artisan to shape our ideas into a build form. And then again discussion with them showing a model what we want to build. We also made full scale installation on site to understand how it will work. One step at a time and solving whatever challenges came on the way. Nevertheless, its details are worth to be examined. (Fig 6, 7, 8)

3. CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNICAL METHODS

3.1. MAIN STRUCTURE

The site was elongated towards north-south and narrow to the east-west direction, whereas the wind flows in Bangladesh from south and thus the openings are designed which was the main challenge in the first impression. The demand for this place was unique and captivating. As a knowledge exchange center, the idea was to revive traditional methods of construction and locally available materials. In that regard, bamboo was selected as the main building component. But the durability of bamboo was a matter of concern as they get damaged very quickly if they get contact with the soil or water. Therefore, a solution, on site a bunch of 5-inch x 5-inch concrete columns were made, then foundation trench was dug in the ground and the concrete columns were inserted on 36 inches by 36 inches base. Those columns were raised till the first level of the structure and then the bamboo columns were placed and tied between the concrete columns to create an interlocking system. (Fig 9, 10)

The structure is raised about 2-3 feet above the low-lying ground (Fig.10) to prevent it from water logging during monsoon. In this way, one floor can easily be built without filling the ground, as the site is 8 feet deep from the road. This resulted in a two-story structure, with one floor above the road

Figure 5. Rupgaon: A knowledge exchange center amidst green.
© Perceive.

Figure 6. Study model.
© Perceive.

Figure 7. Community consultation.
© Perceive.

Figure 8. Community consultation.
© Perceive.

level and the other below, that is durable, flood resistant, easily pass the water runoff from the road, or excessive winds that can easily flow through the structure.

3.2. MATERIALS & TECHNIQUES

For the ideal type of floor of this structure the foundation was laid and construction of the floor started after several experimental prototypes. Bamboo mats and bamboo scaffolding, wooden plank and bamboo, and finally the floors are made of bamboo lofts and covered with a 4-inch thick processed mud coating (Fig.11). The mud has been processed for several days with water and eco-friendly materials ensuring that the floor lasts longer and gives a warm earthy texture. Bamboos were also seasoned by placing them in the nearby water reservoir to make them last longer. Different varieties of bamboo have been used for different sections of the structure.

Below the first level of the semi-circular roof is another parallel bamboo fence roof, which helps keep each space private and cool. The crescent-shaped space between the two roofs keeps the structure relatively cool and creates a supportive environment in any weather. The floor beams were made using processed palm wood, which is very durable and can carry more weight than bamboo. Doors, windows, closets, and balcony protection walls are in different bamboo designs for convenience. For diverse experience, rectangular, crescent and smooth parallelogram shape of steps & ramp made of various bamboos such as the front ramp for more user footfall. (Fig. 11)

Figure 9. Structure.
© Perceive.

Figure 10. Structure details.
© Perceive.

For shorter walking distance from all places the staircase is provided in the middle. At the end, there are steps to a bamboo theater to sit or go down to mingle with nature. On the other side of the bamboo theater, there is a half-moon shaped staircase to sit and feel the greenery. The purpose of having a long communication balcony on the west side is to allow the semi-passive light of the west to come into the house in the late afternoon, while blocking the excess heat from the main area of the house. The doors and windows are made of bamboo in different designs and the doors will open on one side. Provided more windows to avoid stress on the structure in case of whirlwinds and to allow air and light circulation. The windows are designed to open by pushing upwards for comfortable operation (Fig. 14). All the furniture, including bed, dining table and benches are also made with bamboo (Fig. 12, 13).

4. ACTUAL CONSTRUCTION

Architecture is always connected with time. Buildings are created out of specific circumstances, they are designed to fulfill a particular purpose, and their material and form are determined by the available means, techniques and traditions. It was a hectic task to find the desired materials and artisans both. And once the team was ready it was just a matter of time to watch it grow. From the very beginning we consciously started unlearning the conventional practice, rather learning from the land and people around the site. It thrives on its basis in communities and depends on those whose knowledge of traditions, skills and customs are passed on to the rest of the community, from generation to generation, or to other communities.

Figure 12. Accommodation.
© Perceive.

Figure 13. Dining space.
© Perceive.

Figure 11. Floor details.
© Perceive.

Figure 14. Variation of bamboos and easy operation of windows.
© Perceive.

Figure 15. Kitchen.
© Perceive.

The purpose of keeping the roof of the establishment semi-circular is so that the bamboo can be easily shaped into a curve and the roof can be easily covered with bamboo fencing, which complements the environment. Using bamboo fencing on the roof also saves cost, as it only needs to be replaced every three years, whereas local dry leaves (choon pata) would need to be replaced annually. Therefore, the structure and interior of the establishment have been designed with various environmentally friendly materials in mind. The heated air also easily flows under the semi-circular roof, giving the establishment a cool atmosphere.

To give an example, the kitchen was planned beside the dining hall with an open kitchen concept. But traditionally, the kitchen in Bangladesh is a separate entity and generally placed outside the main dwelling. So, we converted one of the vacant places in between the rooms into a kitchen as we already have a shed there. Thus, the open kitchen concept remains with respect to the suggestion from the community. The smoke of the burner is diverted outside with a chimney keeping the kitchen well ventilated and lit. During day time, there is no need for any artificial light and thus saving a huge electric energy and cost. (Fig 15, 16)

Community-based intangible cultural heritage can only be heritage when it is recognized as such by the communities, groups or individuals that create, maintain and transmit it – without their recognition, nobody else can decide for them that a given expression or practice is their heritage and it should be safeguarded.

Figure 16. The bamboo screen on west facade offering a place of ever changing light and shade.
© Perceive.

THOUGHTS TRIGGERED BY THE PROJECT

By the year 2050 cities are expected to absorb additional people between two and three billion. More than half of the area expected to be urban in 2030 has yet to be built. Considering land-use efficiency therein lies an extraordinary opportunity to make the future city more productive and sustainable. Providing the compactness, concentration and connectivity this project focused on traditional ecological knowledge (TEK)-reduces the adverse per capita environmental impact of cities which leads to prosperity and sustainability. Using the method of traditional construction, materials, craftsmanship, the bamboo and mud floor, window, roof everything employed to capture the three dimensions of efficiency-economic, environmental and social also avoid catastrophic consequences and secure a sustainable future for generations to come.

BIBLIOGRAPHY

Ahmed, K.I. (1994) Up to the Waist in Mud: Earth-based Architecture in Rural Bangladesh. Dhaka, University Press.

Babuly, P.F. (2018) The Changing Pattern of Mud Houses in the Barind Region of Bangladesh, Proceedings of the 14th International Conference on Healthy Home, Brno University of Technology, Brno.

Baqee, A. (1998) Grameen Bashati (Rural Settlement: Characteristics, Development and Planning Issues). Dhaka, The Bangla Prokashane.

BBS (1993, 2011) Population and Housing Census Bangladesh, Bangladesh Bureau of Statistics, Dhaka.

Brammer, H. (2012) Physical Geography of Bangladesh. Dhaka, The University Press Ltd.

Cunningham, G. (1861-62) Archaeological Report, London, p.47.

Johnson, M., Lore: capturing traditional environmental knowledge. 1998: Diane Publishing.

K. M. Subrahmanyam. (1938) Four Main House Types in South India, Journal of Madras Geographical Association, Vol. XIII, 1938, p. 168.

Mandal, R. B. (2001) Introduction to rural settlements. Concept Publishing Company.

Rashid, H. (1977) Geography of Bangladesh. Dhaka, University Press.

Singh. R.L. (1957) Typical Rural Dwellings in the Umland of Banaras", The National Geographical Journal of India, Vol. III, p.52

Singha, V. N. P. (1969) "House and House types of the Choto Nagpur Plateau", Geographical Knowledge, Vol. 2, p. 91

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Ar. Fatiha POLIN is the founder and Executive director of Perceive Research & Design, working on Sustainable design & construction, Traditional techniques, Heritage Awareness, Conservation and Management, based in Dhaka, Bangladesh. With more than 12 years of experience in the field of both tangible and intangible heritage, she has an extensive list of publications internationally. As an active member of ICOMOS Bangladesh, she was selected for the World Leadership Program in Sri Lanka, organized jointly by ICOMOS, IUCN & ICCROM in 2019. She received her Bachelor of Architecture from the Ahsanullah University of Science and Technology and completed her Masters in Disaster Management from the University of Dhaka.

Ar. Doujita KASFI is an architect at Perceive Research & Design, received Bachelor in Architecture from American International University- Bangladesh and Masters in Environmental Sciences and Management from Jahangirnagar University.

AFGHANISTAN CULTURAL HERITAGE CONSERVATION: WHAT ROLE DI-ASPORA CAN PLAY?

Sayed Mossadeq KHALILI , Architect, ENSAG, UR AE&CC, CRAterre Grenoble, FRANCE (khalili.mosadiq1984@gmail.com)

SUMMARY

Afghanistan is a country with an extraordinary rich history. From the Bronze Age through the Zoroastrian, Greco-Bactrian, Kushan and Hephthalites eras to the Islamic period, the region was influenced by the network of international trade routes and by its neighboring kingdoms.

This complex history has given rise to one of the most important archaeological, artistic and architectural cultural heritages all over the country.

Unfortunately, since the outbreak of war in 1979, the major historical monuments, in-cluding artifacts and archaeological sites across the country, were threatened and damaged by a combination of fighting, looting, neglect and iconoclasm. Many historical monuments suffered severe damage during the war and several of these are in critical need of immediate conservation and rehabilitation measures to ensure their preserva-tion for the future.

By the collapse of the republic and the Taliban takeover of the power since august 2021, the Cultural Heritage of the country is in a very critical situation once again.

Beside many other challenges towards the preservation of the cultural heritage of the country such as lack of conservation politics, resources, absence of the legal protection while the previous law on the protection of cultural heritage is suspended, one of the most important challenge is the lack of professionals and experts in the field of the conservation of cultural heritage.

In this very critical moment, where a great number of the experts who fled the country after the collapse of previous government and are now residing in exile. This diaspora could play a major role with regard to the preservation and protection of this rich cultural heritage. In this article we are going to analyze the needs with regard to the cultural heritage preservation, threats and challenges and highlight the importance of knowledge and expertise of these experts in exile and how they could play their role and get involved to the preservation of the cultural heritage of their home country.

INTRODUCTION

After four decades of war and conflicts in Afghanistan, the cultural heritage of the country, and more specifically its earth built assets tend to experience significant damages and destruction. Furthermore, in the aftermath of the Taliban takeover of Afghanistan, the situation became more and more critical, for the country's cultural heritage.

As a result of suspension of the law on the preservation of cultural heritage by Taliban, collapse of the newly established system of the cultural heritage preservation, fleeing of experts

from the country because of security situation, lack of awareness regarding the value and importance of Cultural Heritage, both among people and Taliban and absence of related international organizations, the cultural heritages of Afghanistan are facing a real danger of looting and destruction.

So, taking into account the very critical situation of Afghanistan's Cultural Heritage, this article provides an overview of the cultural heritage of Afghanistan, particularly the earthen cultural heritage. To do so, I will briefly present four Historic sites built (at least partly) with earth, which includes, the two world heritage properties of Afghanistan (Bamiyan Valley and Jam Minaret) as well as Noh Gunbad Mosque and Herat Old Town. I'll start with their historical background and continue with the description of the current condition of these properties. It is worthy of mentioning that, Afghanistan is a country with a very rich earthen cultural heritage, and most of the monuments around the country are constructed by using earthen materials such as mud brick and adobe.

The examples of the monuments built in earthen architecture are the remaining stupas and Buddhist status of Mess Aynak site, the Bamiyan Valley and the Kabul Old City wall. At the same time, the earthen architecture is still widely practiced all over the country and the people are using earthen architecture to build their houses. Thus, in this article I will also try to highlight the importance of earthen architecture in Afghanistan's cultural heritage and the questions related to their preservation in long-term.

Finally the article is concluded by a specific proposal focusing on the possible role of diaspora towards the preservation of the cultural heritage of Afghanistan, while in ex-ile.

1. MINARET AND ARCHAEOLOGICAL REMAINS OF DJAM

1.1. HISTORICAL BACKGROUND

The Minaret of Jam is the first historical monument of Afghanistan inscribed to the UN- ESCO World Heritage List. The minaret is located in the province of Ghor, in a narrow valley at the junction of the Hari and Jam rivers, about a hundred kilometers east of Herat. According some sources, this isolated minaret was once surrounded by a great mosque, named F*irouz Koh* (Fig. 1).

Figure 1. Minaret of Djam, Ghor Province of Afghanistan.
© Khalili, 2014.

According to sources, the minaret was built in 1194 by the great Ghurid Sultan Ghiyas-ud-din (1153-1203), it is probable that the ancient city of Firuz-Koh, believed to have been the summer capital of the Ghurid dynasty, was also located in the area this around the minaret.

With a height of 65 meters (213 feet) the minaret is accessed by a double-spiral staircase that runs from the octagonal base to the circular top.

The Minaret of Jam is the highest brick tower in the world after the Qutub Minar in New Delhi. The minaret surface is richly decorated with a various bands of geometric and floral motifs and koranic inscriptions which are realized in the brickwork or applied as stucco.

The minaret has suffered lots of damages during the Soviet invasion of Afghanistan (1979-1989) and then during the Afghanistan civil war.

The site also includes the ruins of a palace, fortifications and a Jewish cemetery.

The minaret is today threatened by seasonal floods, by the vibrations of the road pass- ing nearby, and by illicit excavations.

The Minaret of Jam is one of the few well-preserved monuments representing the exceptional artistic creativity and mastery of structural engineering of the time. Taking into consideration the outstanding universal value of this minaret from the point of view of art and history, the Minaret was inscribed to the UNESCO World Heritage, during the 26th session of the World Heritage Committee, Budapest, Hungary, and 24 - 29 June 2002.

1.2. THE ELEMENTS OF EARTHEN ARCHITECTURE IN THE MINARET AND ITS SURROUNDING MONUMENTS

Even though, the earthen architecture elements in the construction of the minaret and its' surrounding archeological remains were not mentioned in the WH Committee documentation, but it has a significant place in the building system of the property, with:

- Usage of clay and lime mortar in the construction of the minaret
- The minaret masonry corps is covered with clay plaster
- The clay is used as the main material for the surface decoration of the minaret.
- All the remaining walls of the surrounding fortification are built by earthen materials

1.3. THE CURRENT STATE OF CONSERVATION OF THE MINARET

Taking into consideration the major political change since august 2021 and the current unstable situation of the country, where almost all conservation activities towards the preservation of the cultural heritages are suspended, deep concerns are raised regarding the critical challenges for the implementation of maintenance, monitoring and conservation work at Djam Minaret and its' surrounding archeological assets.

Local civil society activists, raised concerns regarding the safety of the minaret after the earthquake of 17 January 2022. Following those concerns, some consolidation and emergency preservation efforts funded by ALIPH took place.

Figure 2. Construction of protective gabion walls along the Harried River to insure the safety of the minaret, Project funded by ALIPH.
© Khalili, 2014.

Figure 3. Bamiyan Valley and buddha Cliff.
© Khalili.

Implementation of the ALIPH funded project, secured the safety of the minaret for the time being and it was reported that the minaret is not facing imminent danger of collapse. But the concerns related to the increasing of the inclination of the minaret and erosion of the façade decorations are still there.

As the current authorities do not announced yet any cultural heritage conservation policy, therefore there is a lack of competent conservation personnel and of legal protection as well as monitoring and preservation activities, as a result the property faces danger and is in a very critical condition. At the same time the seasonal flooding may have negative impact on the base of the minaret.

According to the local sources, the area of Jam has been affected in recent earthquake of 7 October 2023, and it caused also some damages to the façade decoration of the minaret. The main factors affecting the site are as following:

- The seasonal floods and earthquakes
- Political instability
- Lack of Management system
- Illegal excavations and looting of the site

So, taking into account the importance of the preservation of the minaret and to better understand the damages of the recent earthquake to the minaret, it is needed that a technical delegation visits the site and analyses the damages, this damage analyses, will allow taking of necessary measures to insure the safety of the minaret. The follow-ing photograph received recently from local sources, shows the current condition of the site (Fig. 2).

2. CULTURAL LANDSCAPE AND ARCHEOLOGICAL REMAINS OF THE BAMIYAN VALLEY

2.1. HISTORICAL BACKGROUND

The cultural landscape and the archaeological remains of the Bamiyan Valley are part of a long period, from the 1st to the 13th century, a period rich in artistic and religious developements (Fig. 3).

The site contains several monastic ensembles and Buddhist shrines, as well as fortified buildings from the Islamic period. They also bear traces of the tragic destruction of the two standing Buddhas by the Taliban in March 2001.

The Bamiyan Valley includes a set of eight archaeological sites, the most important of them being the Bamiyan Cliffs in which the two giant Buddha statues (55m and 38m) once stood which were destroyed by the Taliban in 2001. Foot of this cliff and around the niches where the giant statues of the Buddhas were, are countless Buddhist caves and monasteries dating between third to the fifth centuries.

Among the sites inscribed on the World Heritage List, there are also the ruins of the fortress of *Shahr-i-Ghulghula*, built between the 6th and 10th centuries, which show the importance of Bamiyan during the Islamic period (Fig. 4).

Further east, about 15 km from the city of Bamiyan, is the archaeological site of *Shahr-i-Zuhak* which is also an important testimony to the fortifications and architecture of the Ghaznavid and Ghurid periods which mark the apogee of medieval Afghanistan (Fig. 5)

Figure 4. A general view of the ruins of Shahr-i-Ghulghula of Bamiyan.
© MoIC.

Figure 5. A general view of the ruins of Shahr-i-Zohak of Bamiyan.
© MoIC.

The set of Buddhist and Islamic remains in the Bamiyan Valley illustrates the artistic developements of this area between the 1st and 13th centuries AD, and testifies to the influences of Bactria, Indian, Hellenistic, Roman, Sassanid and Islamic civilizations which have taken place in the region.

All of the archaeological sites in the Bamiyan Valley are now threatened by the lack of any site preservation policy and by illegal excavations. In addition, as the majority of archaeological remains in the Bamiyan Valley are built on earth, it is also threatened by weather erosion.

The Bamiyan Valley and its monuments were inscribed in the UNESCO World Heritage List during the 27th session of the World Heritage Committee, Paris, UNESCO Headquarters, Room XII 30 June – 5 July 2003.

2.2. THE ELEMENTS OF EARTHEN ARCHITECTURE IN ARCHAEOLOGICAL REMAINS OF THE BAMI-YAN VALLEY

Being carved in an earthen cliff, the earthen architecture elements were not mentioned in the WH Committee or UNESCO documentations in particular, but it has a very significant place in the construction of all the monuments the property, here are some examples:

- Both Buddha statues were built on an earthen cliff.
- Mud brick and earthen mortar and plaster are the main construction materials of the remaining monuments in *Shahr-i-Ghulghula*
- Beside the burnt brick, the mud brick and Cob (Pakhssa) is widely used in fortifications and in the remained buildings of the *Shahri-Zohak*.
- All the existing buildings inside the WH core zone and buffer zone are built in earthen materials.
- Approximately 95 percent of the buildings in the Bamiyan City and valley is built, using the local materials mainly mud brick and *Pakhssa*.

2.3. CURRENT STATE OF CONSERVATION

By the collapse of the Republic and taking over of the control of Afghanistan by Taliban, all the conservation projects and archeological activities in Bamiyan Valley suspended. in the absence of the law on the preservation of the cultural heritage, which is also suspended by Taliban de-facto government, the world heritage sites and other historical monuments and archeological sites are facing danger of more destruction and damage. According to the information received from some sources, some new constructions are going on around the monuments, in particular the lands located in the core zone and buffer zones of the WH properties, by the owners of the lands. At the same times numbers of illegal excavations were reported in archeological sites including around Buddha Cliff. Furthermore the absence of conservation and maintenance causes lots of damage to the remains of buildings located in Ghulghula and Zohak Sites. If the situation continues this way, the historical sites and monuments of Bamiyan Valley will experience significant damages. So considering the current condition, the WH properties in Bamiyan requires more attention to be preserved.

3. THE OLD TOWN OF HERAT

3.1. HISTORICAL BACKGROUND

The city of Herat located in the Harīrūd Valley in western Afghanistan, near the border of Iran and Turkmenistan, is the third largest city in the country after Kabul and Kandahar, but it is primarily the economic and cultural capital of Afghanistan and has a population of around 450,000.

It is also one of the oldest cities in Central Asia. The city was during a large part of its history a caravan crossroads of the first importance.

Due to its geographical location and its important economic and cultural role over time, Herat has been the capital of different civilizations and empires, from the Zoroastrian era to the Timurids through the reigns of Alexander the Great, of the Sassanid's and of the Ghaznavids and Ghourids. For this reason, Herat has retained cultural and historical prestige among Afghanistan cities.

There are monuments testifying to each of the glorious periods of its history, but unfortunately it was also the seat of wars and battles and many monuments fell into ruins or were destroyed, which is why the city has preserved no important monument dating from a period prior to that of the Timurids, except for a few vestiges of the time of the Ghaznavid, Ghourid and Kartid dynasties.

Figure 6. General view of Qala-e-Ikhtiyaruddin and Old town of Herat.
© MoIC.

Most of the historical monuments in Herat belongs to the Timurid period. According to the Ministry of Culture of Afghanistan, more than 800 monuments in Herat are classified as national monuments. Among these 800 monuments, the most important and most visited by local and international tourists are the Citadel of Herat, built by the Kart dynasty (Fig. 6).

Then rebuilt by the Timurids, the *Masgid-ī-gāmi* of Herat built by the Ghurids, the shrine of Hāga ʿAbdullāh Ansārī, the Musallā complex and the mausoleum of *Gawhar Šād*.

This is why the old town of Herat is in UNESCO Tentative list of world Heritage.

3.2 THE ELEMENTS OF EARTHEN ARCHITECTURE IN HERAT OLD CITY AND ITS' SURROUNDING

- The Fortification wall surrounding the old city is mainly built with earthen materials (adobe, cob) and burnt brick
- Earthen mortar and plaster is widely used in all the historical monuments of Herat
- Herat citadel is partially built in mud brick and the fortification is covered by earth plaster.
- The old Bazar of Herat is totally built in Earthen Architecture (mud brick and earthen plaster).
- Mud brick is the principal building material in Herat rural areas for the construction of houses and vaulted houses.

3.3. CURRENT STATE OF CONSERVATION

On October 7th, 2023, a series of destructive earthquake measuring 6.3 Mww, took place in the region which beside destruction of many villages and death of around 1400 people, it resulted also lots of damage to some of the historical monuments of Herat and its surroundings. According to the reports from my contacts, the Jami Mosque and Ikhtiyaruddin Citadel are the monuments experienced significant damages during the earthquakes. The following photographs shows the current condition of the mon-uments and the damages caused by the earthquakes (Fig.7-8).

4. THE NOH-GUNBAD MOSQUE KNOWN ALSO AS HÂJI PIYÂDA

4.1 HISTORICAL BACKGROUND

A small mosque named Noh-Gunbad and known locally as Hâji-Piyâda with an extraordinary beauty located in 3.8 km south-west of the center of new city of Balkh (ancient city of Bactres) (Fig. 9).

Noh-Gunbad mosque's geographical coordinates are as follows: latitude: 36° 43′ 48.55 ′ N; longitude: 66° 53′ 06.32 ′ E. The altitude of the plain of Balkh in this place is 355 m. In a straight line distance of 1440 m, is located Tapa-e-Rustam, containing the remains of the legendary stupa of Now-Bahar of Balkh.

According to some sources, the land where the mosque is built, belonged to Now-Bahar, which the Barmak tribes, owned from the generations[1]. The mosque is locally called Hâji-Piyâda, is known also by the name of *Noh-Gunbad* (Nine Cupolas). Very few research papers exists about the building. The monument has always been quoted by sources as an Islamic monument.

Who built this magnificent building is still not clear, but most of the writing sources says that the building was built in the 9th century according to its typical square plan of Western Islamic Architecture style, and its similar sculpted plaster decoration with that of Samara mosque of Abbasside.

1. É. de la Vaissière, *op. cit.* (n. 3), p. 517 et *sqq.*

Figure 7. Herat citadelle, damages due to the earthquake to the basses of some buildings inside the citadel.
© MoIC.

Figure 8. Herat citadel, damages due to the earthquake to one of the main towers of the citadel.
© MoIC.

These idea were based on a study realized by Mrs. Lisa Golombek, who was the first western expert who studied the building[2]. Galina Pougatchenkova says that the monument is called (Nouh-Goumbad)[3], but other historian, Souren Melikian emphasizes that this is not the case and the real name of the mosque is (Hâji Piyâdé)[4].

Both hypotheses can be right, as the name Noh-Gonbad, may came from the construction of the building which contains 9 Cupola, while Hâji Piyâda, may come from the name the person who's tomb is located there, and it is said that he went to Mecca by foot, that's why he was called Hâji-Piyâda in Persian language which means "some-one who went to Haj by foot".

According to Vâ'ez Balkhi in Fazâ'el-e-Balkh, it's the tomb of Younes b. Tâher al-Nasiri the 53rd Shaykh of Balkh[5]. The reason why the building was not mentioned in any written sources before 1969, is that the monument wasn't on the paths frequently crossed by travelers or maybe because most of the archeologists and travelers were interested only in pre-Islamic remains.

2. L. Golombek, « Abbaside Mosque at Balkh », *Oriental* Art XV n° 3, automne 1969, p. 173-189.

3. G. A. Pougatchenkova, « Les monuments peu connus de l'architecture médiévale de l'Afghanistan », Afghanistan XXI/I, printemps 1347/1968, p. 17-52.

4. A. S. Melikian Chirvani, « La plus ancienne mosquée de Balkh », *Arts asiatiques XX*, 1969, p. 3-20.

5. Vâ'ez Balkhi, *Fazâ'el-e Balkh, op. cit.* (n. 5), p. 320.

That is why, Lisa Golombek and Deborah Klimburg-Salter, are the first experts of Islamic Architecture visiting the site.

It was in 1981, that the monument was proposed to be included to the list of World Heritage List, but the nomination dossier has not been prepared so-far.

Then the Russian invasion happened and was followed by 3 decades of war, so the monument was again forgotten, it was on 2003 that the conservation work restarted and The French Archeological Delegation of Afghanistan (DAFA) started investigation and excavations on the site[6].
In collaboration with the Afghanistan Ministry of Culture, the excavation and consolidation of the ruins of the mosque continued until 2010, as result of these activities, the remained walls and foundations and the surface decorations of the mosque were consolidated.

6. See P. Bernard, R. Besenval et Ph. Marquis, « Du "mirage bactrien" aux réalités archéologiques : nouvelles fouilles de la Délégation archéologique française en Afghanistan (DAFA) à Bactres (2004-2005) », *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles - Lettres,* avril-juin 2006, p. 1175-1248. For the recent works, see R. Besenval, « Les travaux de la Délégation archéologique française en Afghanistan (DAFA) : résultats des campagnes de l'automne 2007-printemps 2008 en Bactriane et à Kaboul », *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres,* juillet-octobre 2008, p. 973-995; R. Besenval, Ph. Marquis et É. Fouache, « Nouvelles découvertes en Bactriane 2007-2009 », *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres,* juillet - octobre 2009, p. 1019-1062.

Figure 9. Noh-Gunbad Mosque in 2009.
© Khalili.

The recent archaeological excavations, result is not totally confirming the writing sources, but it confirms the similarity of decoration with Samara. The archeologists concluded that the building is highly inspired from the pre-Islamic architecture of Central Asia and Iran.

Furthermore the archeological studies, prove that the mosque was built by Fazl b. Yahyâ Barmaki's order. It is said that when he became governor of Khorasan in 177/793, he ordered to build a mosque very close to the Famous Now-Bahâr buddhist temple.

It seems that the masons responsible for the construction of the building tried to decorate the monument according to their inspirations form the Islamic architecture of the time without referring to Samara in particular.

4.2. THE ELEMENTS OF EARTHEN ARCHITECTURE IN NOH GUNBAD MOSQUE

The Noh Gunbad mosque is 80 percent constructed using earthen materials, and different earthen architecture techniques are used in the construction of this monument. According to the sources and reports of recent archeological excavations, the building initially was constructed using only earthen materials, and the backed brick columns and cupolas were added at the end of the project to guarantee the stabilization of the building. So, taking into account the current remains of the building and the reports, the earthen architecture elements of the *Noh-Gunbad* mosque are as following:

- The southern and the qibla walls are in earthen material using of *Pakhssa* (Cob).
- The northern and western wall is made of mud bricks
- The internal and external walls are covered and decorated using the clay and gypsum plaster, by floral motifs, these type of floral patterns decoration, using the earthen plaster is unique in his type and one of the oldest example remaining from the early Islamic period in the region.
- The surface of all the remaining columns and arcs are also decorated using the same earthen plaster as for the rest of building. Looking to the above description, it is confirmed that the earthen materials are the main material in the construction of the *Noh-Gunbad* mosque, and the building is the unique and exceptional example of monumental earthen architecture. Despite the ideas of some experts who claims that the usage of earthen materials as a structural weakness of the building, it is the earthen walls that remains so-far.

4.3. CURRENT STATE OF CONSERVATION

Except two, all the domes /cupolas and arcs are collapsed. The preserved arcs are the one linking the column 10 to 11 and the one joining the column 6 to 10. The arch 10 to 11 is also damaged, and would have collapsed if it hadn't been consolidated with the pillar raised below it to hold it. The earthen northwestern wall of the mosque is also consolidated by flying buttress constructed sometime in near past. The wall on the north corner are partly collapsed. The Mihrab floor is covered by rubbles. The back of the Mihrab seems to be reconstructed in an unprofessional manner.

A metal sheet is covering the ruins of the mosque (The current one has been built by AKTC and DAFA), the old one was most probably built in 70s, during President Dawood, to protect the remains of the building from the snow and rain, thanks to which the remains of this monument have could be kept as it is. This metallic roof was contracted by the Afghanistan ministry of Culture and financed by UNESCO. It was once repaired by DAFA in 2004. It seemed that this protection measure was insufficient, so in 2005, DAFA started to protect the structure by posing some geotextiles on the northern and western sides, which were more in risk of violent wind and rain. A protective wall around the area belongs to the mosque was also built in 2006 by DAFA.

In general, little restoration work has been done in the past. As a result the building was badly damaged. The roof of the building was completely destroyed and only four columns and two arcs remain on which we still find stucco decoration of floral motifs. In 2007, a laser survey was also don by DAFA (French Archaeological Delegation in Afghanistan) to record precisely all constituent elements of the monument. The surveys were carried out by the company Art Graphique & Patrimonies (which has already carried out surveys of more than 400 monuments in France and abroad).

The protection of the *Noh Gunbad* Mosque largely depends on the consolidation works of the structure. If this is not consolidated in the next few years, the entire building could collapse, causing the disappearance of an exceptional and rare monument from the heritage of humanity forever. Furthermore, no archaeological excavation can be undertaken on the floor of the mosque if the existing pillars are not consolidated. An intervention plan was therefore drawn up in 2007 by a civil engineer, based on laser readings. A study was also carried out for the restoration of the decorations which are also threatened with disappearance and which will have to be preserved at the time of an intervention on the structure.

In 2008 Agha Khan Trust for Culture in cooperation with DAFA started a more comprehensive conservation project, to stabilize the structure and decoration of the remaining architectural elements of the building, as a result of this project, the metal roof have been replaced by a better one to protect the ruins from more deterioration and the stucco decorations were also stabilized (Fig. 10).

Some archeological excavation also carried out by DAFA. The first phase of the project was finished in 2013. This project will

help the monument to still hold for sometimes, but more conservation works are required to insure the preservation of the monument for long term.

5. A GENERAL ACCOUNT OF THE CURRENT SITUATION

In the aftermath of the Taliban takeover of Afghanistan, concerns are growing not only for the already long-suffering population particularly the women and girls denied of all their basic rights, but also, once again, for the country's rich heritage.

If the pre-Islamic monuments are the most threatened, they are not the only ones. The Taliban have not undertaken a policy of heritage preservation and consultation of experts on this subject.

During the Taliban's previous rule in the late 1990s, they infamously destroyed the Buddhas of Bamiyan, causing irreparable loss to humanity's cultural heritage. This act underscored the threat posed to Afghanistan's historical treasures under Taliban ideology. The illegal trade in Afghan antiquities, fueled by conflict and instability, has further eroded the nation's cultural heritage. Historical artifacts have been looted and smuggled, making their recovery and preservation a global challenge.

With the recent return of the Taliban to power, there are renewed fears for Afghanistan's cultural heritage. Reports of the Taliban's control over historically significant areas raise questions about the safety of archaeological sites, monuments, and preservation of archeological artifacts.

According to the information received through local sources, as a result of the suspicion of the law on the preservation of the cultural heritage, the traffickers of cultural objects and treasure hunters, became widely active, and taking advantage to loot the archeological sites. Where the archeological sites are located in private properties, these treasure hunters are paying a small amount of money to the owners of the properties and encourage them to excavate the sites and take out the objects and give it to the treasure hunters. A great number of archeological sites in Kabul, Logar, Paktia, and Bamiyan and in Balkh has been so far looted and these looting had significant damages to the archeological remaining (Fig. 11).

In another case, according to some information received from some credible sources, the Chinese MCC Company and the line ministries of Taliban agreed to start the mining process and extraction. The possible amendment to the contract will be the changing of extraction of the copper from Mes Aynak Buddhist site. If this will happen in near future, as the Taliban are willing to start the project as soon as possible for their economic interests. The archeological remains of the site including stupas and hundreds of unique and valuable Buddha status with significant cultural and historical values, all built

Figure 10. Noh-Gunbad Mosque in 2009.
© Khalili.

in earthen material will be totally destroyed, which the consequences can be even greater than the destruction of Bamiyan Buddhas.

Therefore the cultural heritages of Afghanistan are in a very critical situation and requires efforts to be safeguard.

It is therefore necessary to bring together our efforts to safeguard the cultural heritage of Afghanistan in this particular moment of history of the country. The International organisations such as UNESCO, ALIPH and ICCROM, play a vital role with this regard. We are well aware of ALIPH's significant contribution to the preservation of Afghanistan's Cultural Heritage, since its foundation.

6. A PROPOSAL FOR THE PRESERVATION OF THE AFGHANISTAN'S CULTURAL HERITAGE IN THE FUTURE: WHAT ROLE DIASPORA CAN PLAY?

Taking into consideration, the critical situation of the countries Cultural Heritage and knowing that a great number of the experts who fled the country after the collapse of previous government and are now residing in exile. I've thought that this diaspora could play their role with regard to the better preservation and protection of their countries cultural heritage, resulting in the idea of proposing the establishment of an Afghanistan's Cultural Heritage Pole of Experts in Exile (ACHPEX). These experts could help the international organization to stay updated on the situation, receive first-hand information from credible sources with regard to the cultural heritage of the country, raising awareness and provide trainings to those presently acting on the spot, the ACHPEX can play a significant role.

Figure 11. Illegal excavation of an archeological site by treasure hunters in Paktia province of Afghanistan.
© MoIC.

6.1. OBJECTIVES OF ACHPEX

A great Majority of the high level national experts in different fields of Cultural Heritage escaped the country after the Taliban takeover and can now be found in France, Germany and other countries of EU.

The ACHPEX aims to identify, these cultural Heritage Experts of Afghanistan in Exile, mainly in European Union, and support them to get together and play a role in the preservation of Afghanistan's Cultural Heritage.

The Main objectives are to:
1. Constitute a pool of experts
2. Gather and organize documentation
3. To remotely monitor what is happening in Afghanistan
4. Support for projects, if possible, already during the Taliban government 3. Be ready to reconstitute operational national expertise when the situation becomes more favorable.
5. Provide online training to those active on the spot

Considering the current situation of Afghanistan, the archeological sites, artifacts and Historical Monuments of the country are facing a real danger of destruction and looting. These Experts are an important asset with this regard, and we can benefit from their Expertise, to better recognize the problems facing the cultural heritage of Afghanistan and take timely action for their preservation. Also getting prepared for the future with keeping lively and up to date this network of experts.

6.2. THE WAY FORWARD

Efforts to safeguard Afghanistan's cultural heritage and historical monuments require international collaboration and engagement. Initiatives aimed at preserving cultural heritage, digital documentation, and the protection of archaeological sites and historical monuments are essential. Afghan Experts in exile and European experts can play a pivotal role in raising awareness, advocating for preservation efforts, and supporting the Afghan people in safeguarding their heritage.

By fostering collaboration and knowledge exchange, we hope to address the urgent challenges experienced by Afghanistan's cultural heritage and historical monuments, working toward a future where this invaluable legacy is preserved for generations to come.
Successfully organizing of this seminar and establishing con-

tact with the experts can lead us to next steps which include:

1 - Establishing of a contact group for the collection and sharing of the information with associated organizations such as ALIPH, with regard to the condition of the cultural heritage of Afghanistan.

2 - Gathering documentation on Afghanistan's Cultural Heritage so as to create a database, ensuring which was existing at national institutions to be safeguarded and used when this will be possible.

3 - Organization of some particular workshop for the capacity building of the local experts, including the employees of the culture ministry all over the country. The workshops will include the conservation, survey and documentation, emergency preservation and management of the cultural heritage.

4- Providing short and long-term courses dedicated to the preservation of cultural heritage which includes (basics of cultural heritage management, conservation, restoration, documentation etc.) the courses will be carried out by members of ACHPEX and a digital platform will be established where the courses will be available online.

5 - Planning of some public awareness programs, the awareness programs can target the general public and also the current related authorities, one of the possible way to do this, will be through the media operating form outside of the country such as Afghanistan International TV and Radio, Amu TV and Radio and others.

CONCLUSION

The above mentioned studied sites in this research are the most prestigious and remarkable monuments of the Afghanistan that gives a general picture of the rich cultural heritage of the country and its conservation states. These monuments and sites are important not only for their historical and architectural values but also for being scene of some particular and considerable events in the history of Afghanistan as discussed earlier.

Unfortunately, the Afghanistan Cultural heritage in general and these monuments in particular, has suffered a lot during many decades of war and conflicts and the current situation in Afghanistan can be considered as a cultural disaster, as beside the ongoing insecurity and conflicts, lack of a proper policy for the preservation of the monuments and sites, fleeing of experts, absence of free media, closure of international organizations, lack of awareness with regard to the importance and value of cultural heritage amongst the authorities in power, suspension of the legal protection frameworks, and usage of the monuments for military purposes (The Kabul citadel and City wall both are in use as military bases), are amongst the main threats towards the preservation of Afghanistan Cultural heritage.

Therefore considering such a situation the Afghanistan cultural heritages are in danger of more damages and destruction and if such a situation persists Afghanistan could lose some of the monuments of great historic and architectural values.

So to be able to protect countries cultural heritage, it will be necessary to draw the attention of International organizations to the critical condition of the cultural heritage of the country, and its urgent need of conservation.

Furthermore, it will also be necessary to ensure an awareness campaign for the local populations and decision makers on the value and importance of heritage, in order to encourage a feeling of national pride, but also of responsibility, for the protection, stabilization and beyond, the restoration and good use of this heritage for the benefit of the harmonious development of the country.

So, the ACHPEX (Afghanistan's Cultural Heritage Experts in Exile) can play a major role with this regard. Therefore I'd like to draw the attention of related organizations to help us establish this pool of Experts and bring together all the cultural heritage experts in exile to join the efforts and take part to the preservation of Afghanistan's Cultural Heritage in this very critical moment.

BIBLIOGRAPHIE

Foucher, A. (1942-47). *La vieille route de l'Inde de Bactres à Taxila*, MDAFA, Paris.

Ābīd, Abdulabār (2007). "Le développement de l'Industrie à l'époque timouride", *Afghanistan Archaeological Review*, 22, Kaboul, p.54-61.

Afdali, Mohammad Aslam (2011). *Hérat sous les Timourides*, Hérat.

Adle, Chaharyar. (2011). *La mosquée Hāji-Piyādah/Noh-Gonbadān à Balkh (Afghanistan). Un chef d'œuvre de Fazl le Barmacide construit en 178-179/794-795 ?* » Comptes Rendus de l'Académie des Inscriptions, Paris.

Allen, Terry. (1981). *A Catalogue of the Toponyms and Monuments of Timurid Hérat*, Massachusetts.

Allen (Terry), *Timurid Herat*, Wiesbaden, 1983.

Ball, Warwick. (2019). *Archaeological Gazetteer of Afghanistan*, Cat. 410. Revised Edition. Oxford : Oxford University Press.

Blair, Sheila. Bloom, Jonathan. (1994). *the Art and Architecture of Islam 1250-1800*, Yale University Press.

Conoly, A. (1834). *Journey to the north of India, over land from England through Russia, Persia, and Afghanistan*, Londres.

Dupree, N.H. (1971). *A Historical Guide to Afghanistan*, Kabul, p.296-297.

Mīr Ġūlām Moh′ ammad, Ġ. (1999). *Afghanistan Dar Masīrī Tārīh,* éd. Hašmat Halīlī Ġūbār, Virginia.

Golombek, Lisa. (1969), "Abbasid Mosque at Balkh", *Oriental Art 15*, p. 173-189.

Knobloch, Edgar. (2002). "The Architecture and Archaeology of Afghanistan", UK: *Tem-pus Publishing,* p. 58, 65, 104, 107.

Mohan, L. (1846). *Travels in the Punjab, Afghanistan and Turkistan (to Balkh, Bukhara and Herat)*, London.

Melikian-Chirvani, A. S. (1969). "La Plus Ancienne Mosquée de Balkh", *Arts Asiatiques 20*, p.3-20.

Moline, Judi. (1973). « The minaret of Gām (Afghanistan) », K*unst des Orients*, vol. 9, p. 131-148.

Pugachenkova, G. (1968). « Les monuments peu connus de l'Architecture médiévale de l'Afghanistan », *Afghanistan*, Vol. 21, p. 17-52.

Stevens, T. & Santana Quintero, M.(2002). *Metric Survey Tools in Recording: Mussalah Complex Herat and Minaret Jam, Afghanistan*, Mission Report, UNESCO.

Stevens, Tarcis. (2007). E*mergency Consolidation and Restoration of Monuments in Herat and Jam, Minaret 5, Jam Minaret, Afghanistan*, UNESCO- Italian Funds in Trust Project, Mission Report, UNESCO

Sourdel-Thomine, Janine. (2004). *Le minaret ghuride de Jām, un chef d'œuvre du XIIe siècle*, éd. Paris : Académie des inscriptions et des belle lettres, Paris.

Sir Percy, S. (1940). *A History of Afghanistan*, London.

Charles Edward, Y. (1888). *Northern Afghanistan*, London.

AUTHOR'S BIOGRAPHICAL NOTE

Sayed MOSSADEQ KHALILI is an architect and architectural historian from Afghanistan. After serving 14 years in the field of Culture, Cultural Heritage Preservation and Diplomacy in Former Afghanistan Government, He is currently a political refugee in France and a Post-Doc Researcher With CRATerre-ENSAG in the framework of PAUSE Program.

LA CHAIRE UNESCO « ARCHITECTURE DE TERRE », BILAN 1998-2024 ET PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION.

Bakonirina RAKOTOMAMONJY, Architecte, chercheuse Équipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (bakonirina.rakotomamonjy@gmail.com)
David GANDREAU, Archéologue – Docteur en architecture, chercheur Équipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (gandreaudavid@hotmail.com)
Arnaud MISSE, Architecte, chercheur Équipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (misse.a@grenoble.archi.fr)

RÉSUMÉ

La Chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » a été créée en 1998, à l'initiative de la Division de l'enseignement supérieur de l'UNESCO. Elle est portée par l'équipe CRAterre de l'Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC) de l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG), Université Grenoble Alpes, France. Avec ses 34 partenaires répartis sur 4 continents (6 en Afrique, 12 en Amérique, 8 en Asie et 8 en Europe), cette Chaire œuvre à la reconnaissance du matériau terre et à la valorisation des ressources locales pour la construction contemporaine aussi bien que pour la conservation des patrimoines matériels et immatériels. Elle a pour vocation de diffuser ces connaissances aux institutions de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation professionnelle et de promouvoir des synergies régionales et internationales entre ses partenaires et au-delà.

26 ans après sa création qu'est devenue la Chaire ? A-t-elle encore toute sa pertinence ? Si oui, dans quelles perspectives et via quelles modalités ?

INTRODUCTION

La Chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » a été créée en 1998, à l'initiative de la Division de l'enseignement supérieur de l'UNESCO. Elle est portée par l'équipe CRAterre de l'Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, Université Grenoble Alpes, France (CRAterre-AE&CC-ENSAG-UGA). Avec ses 34 partenaires répartis sur 4 continents, cette Chaire œuvre à la reconnaissance du matériau terre et à la valorisation des ressources locales pour la construction contemporaine aussi bien que pour la conservation des patrimoines matériels et immatériels. Elle a pour vocation de diffuser ces connaissances aux institutions de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation professionnelle et de promouvoir des synergies régionales et internationales entre ses partenaires et au-delà.

26 ans après sa création qu'est devenue la Chaire ? A-t-elle encore toute sa pertinence ? Si oui, dans quelles perspectives et via quelles modalités ?
En effet, au regard des enjeux écologiques, sociaux et culturels actuels, de nombreux établissements d'enseignement supérieur s'intéressent à l'architecture de terre, les initiatives se multiplient et les complémentarités doivent s'établir. Le changement d'échelle et la collaboration sont nécessaires et souhaitables, mais comment doivent-ils être envisagés ?

Sur la base des bilans d'activités de la Chaire et d'enquêtes auprès de ses membres, les auteurs évoqueront l'historique de la Chaire et ses développements depuis sa création. Ils mettront en évidence le potentiel qu'elle représente pour favoriser par le partenariat le changement d'échelle de l'architecture en terre crue.

L'article exposera sur les étapes clés de développement de la Chaire de sa création à ce jour. Ensuite, il abordera les avancées marquantes ainsi que les défis rencontrés. Enfin, il évoquera les perspectives futures.

1. LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHAIRE UNESCO ARCHITECTURE DE TERRE

1.1. JALONS DU DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL DU RÉSEAU DE LA CHAIRE

La vocation première de la Chaire UNESCO, intitulée « Architecture de terre » à sa création en 1998, était conformément à l'accord liant l'École d'architecture de Grenoble et l'UNESCO, de promouvoir l'activité scientifique dans le domaine de l'architecture de terre, « à travers des actions de formation, de recherche, d'application et d'expérimentation, la diffusion et l'échange d'information et le transfert de connaissances »[1].
Dès 1999, CRAterre-ENSAG, en tant que responsable de la Chaire, s'organise donc pour assurer la diffusion des connaissances de diverses manières. Dans un premier temps, la Chaire comptera avec des diplômés du post-master Architecture de terre, mis en œuvre par l'ENSAG pour assurer la diffusion des connaissances. Ceux-ci seront en mesure d'essaimer les connaissances acquises dans leurs pays et leurs différents milieux professionnels (conception architecturale, préservation du patrimoine, projet de développement). Certains créeront des centres de recherche (ex. : Earth Institute à Auroville en Inde), d'autres diffuseront au sein de leur université d'accueil (ex. : Université de Cagliari en Italie) et d'autres encore développeront des entreprises (ex : tierra-TEC en Colombie). Le renforcement de capacités dans le domaine de l'architecture de terre se fera également à travers des projets mis en œuvre avec CRAterre à la demande d'institutions de divers pays, c'est ainsi que de 1991 à 2011, un important projet portant sur la Promotion de l'Utilisation des Matériaux Locaux, intitulé LOCOMAT est mis en œuvre au Burkina Faso à la demande du Ministère des Infrastructures. Les porteurs du projet LOCOMAT seront des alliés clés pour développer des actions au Burkina Faso (Wyss, 2005)

Les actions de réseautage s'étoffent progressivement. Ainsi en 2009 (Guillaud et al, 2009), le rapport d'activités de la Chaire à l'intention de l'UNESCO fait état de collaborations étroites et régulières entre 29 partenaires répartis dans le monde (8 en Afrique, 9 en Amérique latine, 8 en Asie et 4 en Europe). (Fig. 1)

En 2010, la seconde édition des colloques *Terra Education*, ouvre de nouvelles perspectives de coopération. En parallèle, l'UNESCO demande que les partenariats soient plus

1. Accord entre l'UNESCO et l'École d'architecture de Grenoble, 1998

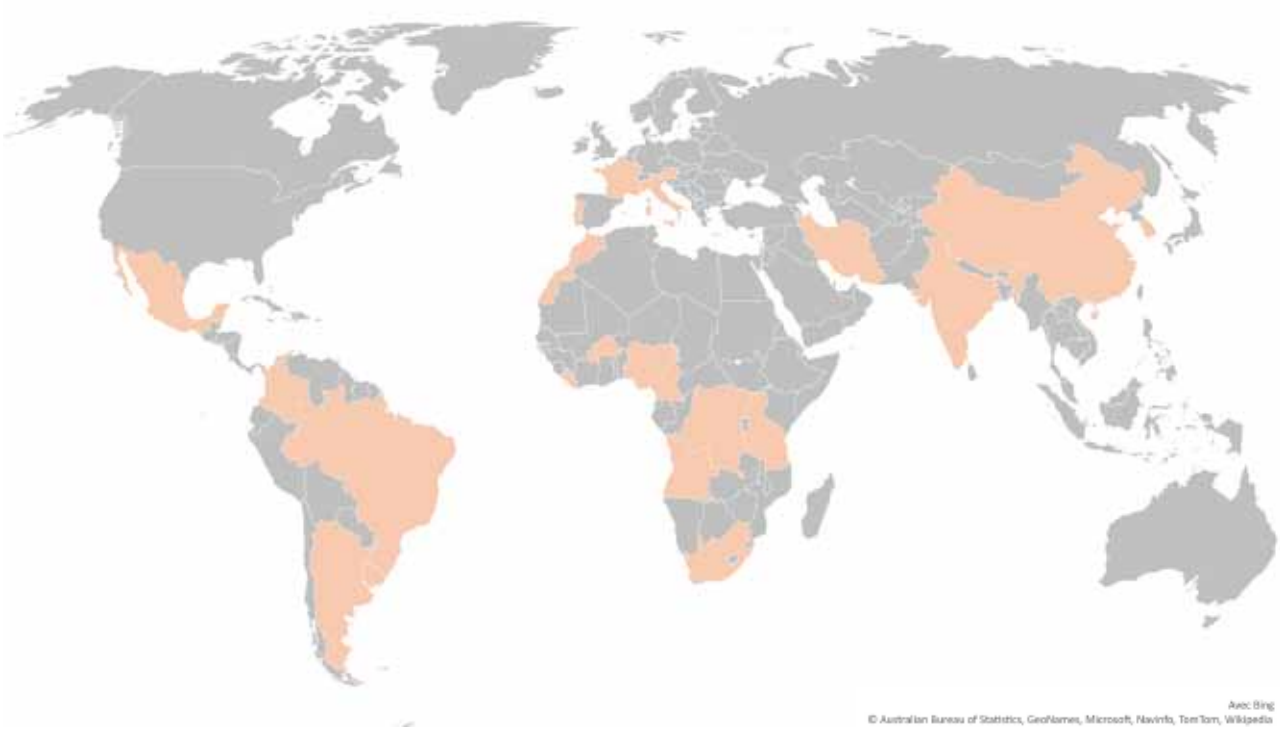


Figure 1. Pays accueillant les 34 membres du réseau de la Chaire UNESCO Architecture de terre 2009.
© Bakonirina Rakotomamonjy.

systématiquement officialisés par un accord entre l'ENSAG et les institutions. Les campagnes de conventionnement sont lancées. De nombreuses institutions souhaitent rejoindre le réseau, celles-ci n'ont pas forcément en leur sein des personnes diplômées par le post-master de l'ENSAG, mais elles sont très actives et démontrent leurs compétences et leur fort engagement pour développer la connaissance et la diffuser. C'est dans ce contexte que d'une part des figures majeures de l'architecture de terre rejoignent la cause en 2010 en tant que membres honoraires en la personne de Wang Shu, architecte chinois, et d'Anna Heringer, architecte autrichienne, et d'autre part la Chaire étend son réseau à de nouveaux partenaires en Asie et en Amérique latine. À ce titre, sous l'impulsion de Marcelo Cortes, architecte chilien de renom, une plateforme de 8 institutions universitaires dénommées « Red arcot » rejoint le réseau.

En 2022, on compte 44 partenaires (7 en Afrique, 22 en Amérique, 8 en Asie et 7 en Europe). (Fig. 2)

En 2023 est lancée une nouvelle campagne de conventionnement pour un partenariat quadriennal. Suite aux manifestations d'intérêts, le réseau de la Chaire compte aujourd'hui 6 partenaires en Afrique, 12 en Amérique, 8 en Asie et 8 en Europe. On note une diminution importante du nombre de partenaires en Amérique latine, dû en particulier à la difficulté de coordination rencontrée au sein de la plateforme chilienne. (Fig. 3)

1.2. LES COLLOQUES TERRA EDUCATION, COMME LIEU DE PARTAGE DES PRATIQUES

En 2000 s'est tenu le 1er colloque Terra Education, qui a été suivie d'un second colloque en 2010 (Guillaud, 2010) puis d'un troisième colloque en 2018. Ceux-ci avaient un double objectif : i) « réunir les partenaires de la Chaire et attirer d'autres collègues […] du monde ; et ii) faire un état des dynamiques […] en termes d'enseignement supérieur de formation professionnelle, de recherche et de diffusion des savoirs dans le domaine de l'architecture de terre ». (Gandreau et al., 2022). Ces rencontres ont réuni en 2010 et 2018 respectivement 96 et 112 participants. Elles ont permis un partage sur les nouvelles pratiques et la définition d'axes prioritaires pour les 5 à 10 ans à venir en réponse aux besoins émergents.

Entre ces deux périodes, on note une évolution remarquable. En 2010, les thématiques abordées visaient un ancrage de la discipline dans les modalités de formation classique : curriculum d'enseignement supérieur, curriculum de formation professionnelle, enseignement et recherche, didactique, sensibilisation scolaire et publique et référentiels de compétences. Alors qu'en 2018, les thématiques abordées étaient plus prospectives, avec des thématiques comme : pédagogies innovantes, programmes formels et certifications ainsi qu'initiatives publiques, sensibilisation & éducation informelle.

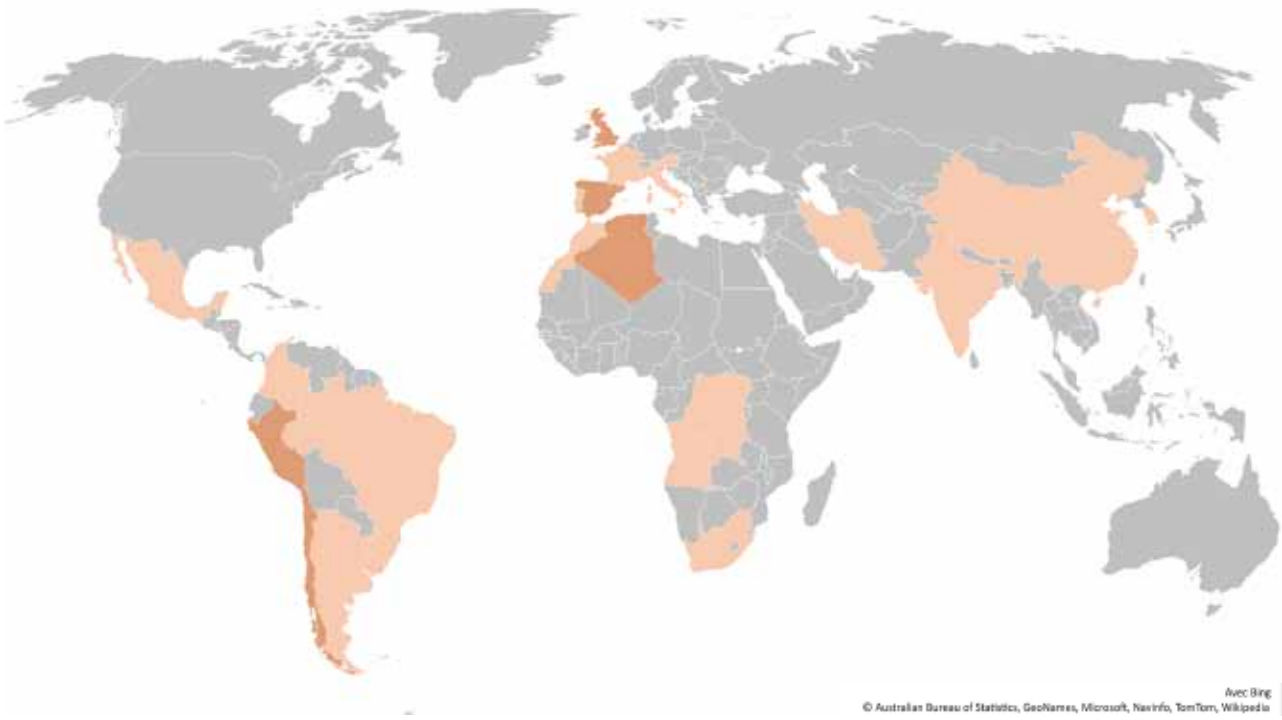


Figure 2. Pays accueillant les 44 membres du réseau de la Chaire UNESCO Architecture de terre 2022. (en plus foncé les nouveaux membres)
© Bakonirina Rakotomamonjy.

1.3. RETOURS DES MEMBRES DE LA CHAIRE UNESCO SUR SON INTÉRÊT.

À l'occasion du rapport quadriennal de la Chaire à l'UNESCO du en 2024, l'ensemble des 34 membres du réseau a été invité à faire le bilan de leurs activités (recensement des formations et conférences effectuées et bibliographie des publications majeures), et à partager, à travers un questionnaire ouvert, sur l'intérêt qu'ils portaient au réseau et à la labellisation par l'UNESCO. Dans ce cadre, 18 rapports ont été reçus.

La majorité des répondants (82 %) considèrent que cette plateforme facilite les collaborations sur les activités menées. La *China Academy of Art,* en Chine dirigée par Wang SHU, considère qu'en étant membre du réseau ils ont « l'impression que nos activités et nos résultats ne se limitent plus à une seule région ou à une seule période, mais qu'ils s'étendent à l'ensemble du monde et à long terme. Deuxièmement, grâce à cette plateforme d'échange et de recherche académique, il y a plus de partenaires qui peuvent communiquer et partager nos expériences de réussite et d'échec ; enfin, c'est grâce aux raisons ci-dessus que nous sommes devenus plus confiants et pleins d'attentes dans la réalisation de recherches et d'activités académiques liées à l'architecture en terre ». Pour le représentant de l'Université *Autónoma metropolitana*-Xochimilco au Mexique, « le travail collectif au niveau international permet l'échange de connaissances et d'expériences, ce qui se traduit par un soutien mutuel dans l'avancement conceptuel de la construction en terre et par la reconnaissance des bonnes pratiques en matière de transfert de technologie ». Pour le directeur d'*Earth Institute*, en Inde « la plateforme permet de monter en compétence à travers des échanges sur un large éventail de sujets, de réussites et d'échecs, de pratiques et d'idées novatrices. De telles interactions s'avèrent extrêmement bénéfiques pour la mise à jour sur les dernières avancées dans le domaine et pour acquérir de nouvelles perspectives ».

Selon les répondants, les auspices de la Chaire UNESCO augmentent la portée des actions, renforcent le sentiment de responsabilité et aident les membres à unifier leurs valeurs.
Elle permet une meilleure collaboration entre les membres de la communauté (82 %) ; assure une visibilité et une reconnaissance internationale des actions menées (71 %) ; conforte la pertinence des actions menées au regard des enjeux globaux (59 %), et enfin elle permet de bénéficier d'une expertise de pointe (53 %). Ainsi, pour la représentante de *Pontificia Universidad Católica del Perú* (PUCP) au Pérou ; le soutien par l'UNESCO « donne une perspective plus large à nos activités dans l'Université, dans le pays et dans la représentation du groupe lors d'événements internationaux ». Pour, le directeur d'Earth Institute, en Inde « la labellisation des activités liées à l'architecture en terre par l'UNESCO revêt une importance considérable en raison de l'alignement inhérent entre la mission principale de l'UNESCO et les principes de l'architecture en terre ». (Fig. 4)

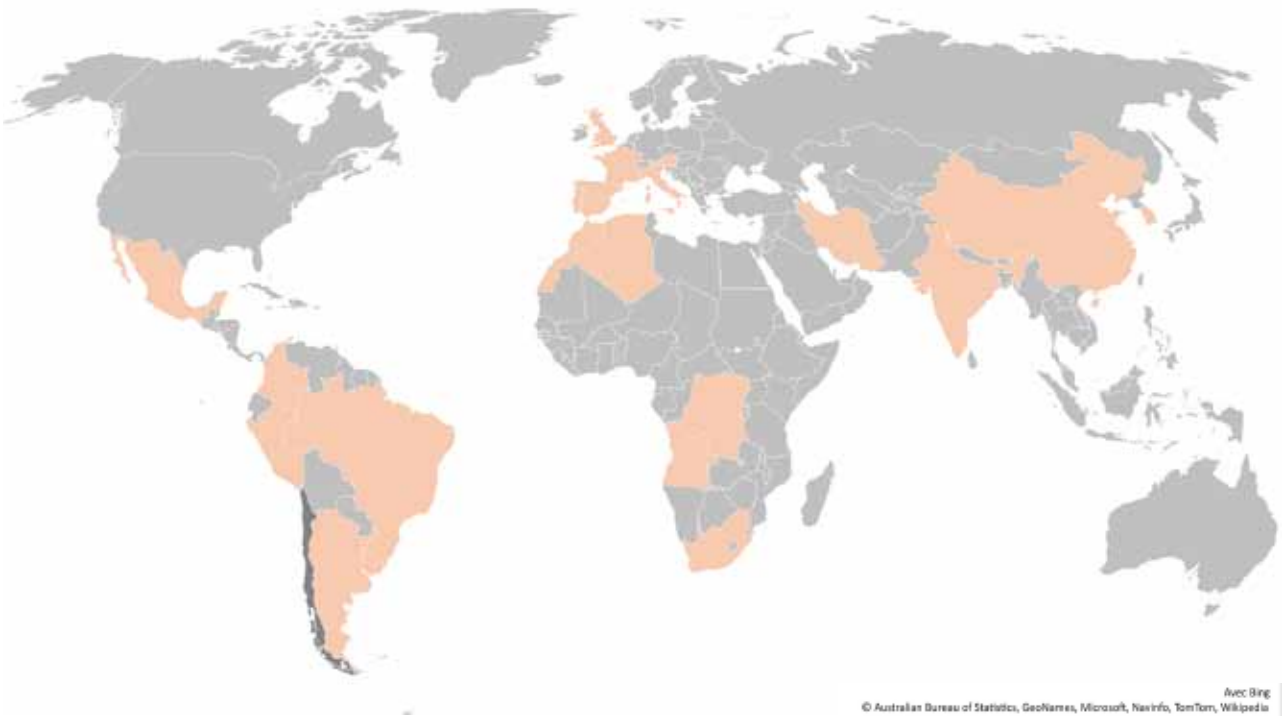


Figure 3. Pays accueillant les 34 membres du réseau de la Chaire UNESCO Architecture de terre 2024. (en gris un pays sortant)
© Bakonirina Rakotomamonjy.

2. LES AVANCÉES DU RÉSEAU INTERNATIONAL

2.1. LES TRAVAUX DE RECHERCHE

La Chaire et son réseau ont été particulièrement actifs sur ce dernier quadriennal (2020-2023) (Gandreau et al., 2024).

Les activités de recherche au niveau national (22 en Afrique, 34 en Amérique latine, 47 en Asie et 7 en Europe) ont fortement augmenté (+293 %), alors que les projets multi-pays ont baissé (-71 %), probablement suite à la pandémie mondiale de 2020 et aux fermetures des frontières. En moyenne, le nombre de programmes de recherche est sensiblement identique (-4 %). On note une variété des recherches menées : Patrimoine mondial ; patrimoine et développement ; architecture de terre et archéologie ; études des cultures constructives ; conservation et réhabilitation du patrimoine ; renouveau des architectures de terre (construction neuve, habitat social, performance des matériaux, etc..) ; risques et résilience ; transition et adaptation au changement climatique ; accès équitable aux ressources et habitabilité de la planète. Ceci a résulté en une importante production scientifique avec à minima 754 produits et publications[2].

La collaboration scientifique entre les membres du réseau de la Chaire a abouti à d'importants résultats, notamment dans le cadre du projet triennal Versus, qui visait à mettre en exergue les principes de soutenabilité écologique socio-culturelle et socio-économique mis en œuvre dans l'architecture vernaculaire dans 4 pays d'Europe (Espagne, France, Italie et Portugal), afin d'en tirer des leçons pour des architectures contemporaines plus soutenables. VERSUS a reçu en 2017 le Prix de l'intervention pour le patrimoine architectural, remis par la Commission Européenne (Moriset, 2014 ; Correia 2014).

2.2. FORMATIONS ET DIFFUSION

Les activités de formation et de diffusion des connaissances sont conséquentes. On dénombre 129 formations initiales (+10 %) dans diverses disciplines (architecture, ingénierie, archéologie) bénéficiant à 4 174 personnes (+18 %) dans plus de 14 pays (dont 9 des Suds[3]) et 180 formations continues bénéficiant à 6 155 professionnels et jeunes dans plus de 17 pays (dont 13 des Suds). La diversité des recherches menées permettrait de proposer une diversité thématique d'enseignement en fonction des approches de chaque université, avec notamment le développement d'approches territoriales holistiques. Se distinguent : les aspects patrimoniaux (ex. : « évaluation des besoins dans le domaine de la préservation du patrimoine, Boukhara » ; « potentiel des *Roças* pour une inscription Patrimoine Mondial, Sao Tome et Principe ») ; les cultures constructives (ex. : « étude de la forme spatiale d'un village traditionnel de montagne dans le centre de la province de Shandong Province en Chine ») ; techniques (ex. : « surveillance de la dégradation des murs en terre dans des conditions naturelles en Chine » ; ou « terre coulée stabilisée avec de la laine minérale, au Mexique ») ; architecture contemporaine (ex. : « *earth 4 future* en Espagne », ou « le renouveau

2. Les 754 produits et publications se répartissent comme suit : 227 publications éditées, 168 chapitres d'ouvrage, 116 articles dans les journaux, 122 rapports de recherche, 23 supports éducatifs, 71 supports multimédia, 27 autres produits.

3. Par « Suds », nous faisons référence à des pays non occidentaux, principalement situés en Amérique du Sud, en Afrique Subsaharienne et en Asie du Sud-Est.

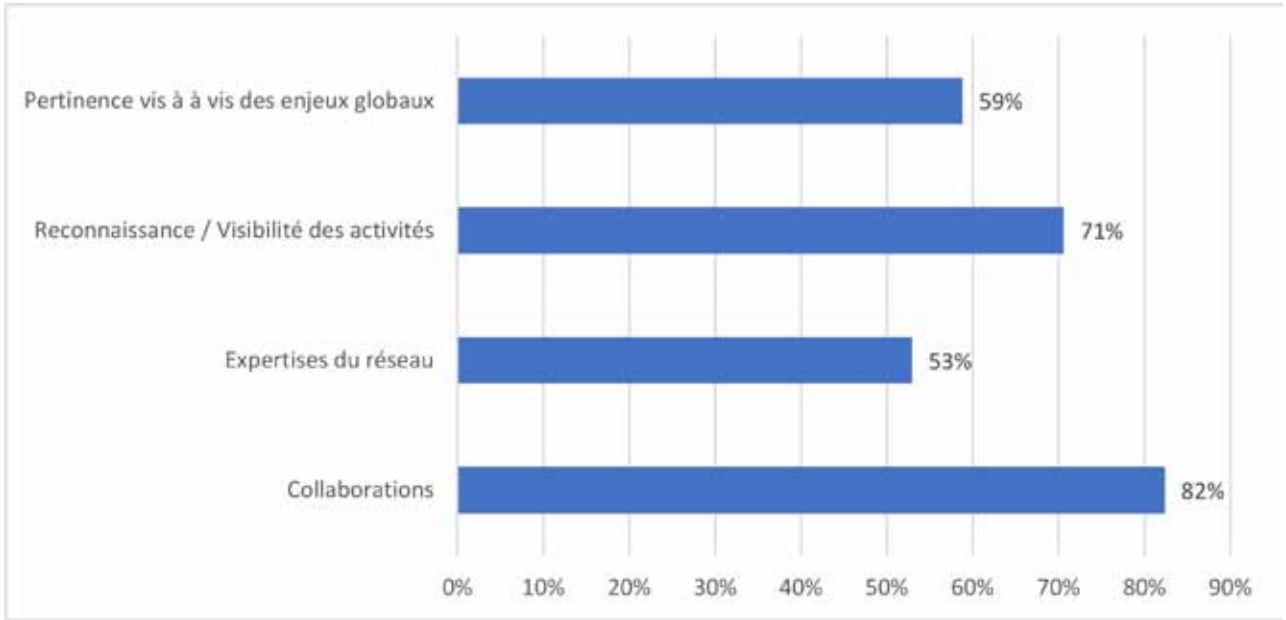


Figure 4. Intérêts portés par les membres du réseau à la Chaire son réseau et sa labellisation par l'UNESCO, 2020-2023.
© Bakonirina Rakotomamonjy.

des infrastructures obliques dans les zones rurales en Chine ») la production sociale de l'habitat (ex. : « action pour l'habitat, au Salvador »), la prévention et la gestion des risques (ex. : « *risk tierra*, en Espagne ») et les questions environnementales (ex. : « matériaux de construction régénératifs et locaux : bilan carbone d'une maison en bambou et en terre à Mae Sai, en Thaïlande ») et des questions de santé (ex. : « guérir avec la terre au Royaume-Uni ») (Gandreau et al., 2024).

Enfin, on remarque une diffusion large des connaissances à travers l'organisation de 51 conférences, colloques et séminaires bénéficiant à 14 476 personnes et la participation de près de 71 635 personnes à 205 conférences, colloques et séminaires.

2.3. ÉCHANGES

Dans la période du rapport, les partenaires de la Chaire ont intensifié leurs collaborations et se sont ouverts à de nouveaux partenariats. On dénombre 52 échanges Sud-Sud et Sud-Nord, dont les bénéficiaires (enseignants, chercheurs, doctorants, master) proviennent de 16 pays (9 en Europe, 4 en Amérique, 2 en Asie et 1 en Afrique) et ils se sont rendus dans 9 pays (5 en Europe, 3 en Amérique et 1 en Asie). La Chaire et son réseau ont participé à 89 recherches interuniversitaires impliquant 28 pays. On y dénombre 10 recherches multi-pays dont 4 Sud-Nord, 4 Nord-Nord et 2 Sud-Sud. On remarque une très forte dynamique en Chine avec 33 recherches dont 30 en lien avec les provinces. Un investissement plus important dans l'animation du réseau faciliterait encore plus les collaborations.

3. LES DÉFIS CONSTATÉS POUR DÉVELOPPER LES ACTIVITÉS

3.1. L'ENJEU DE LA COORDINATION ET DE LA COLLABORATION

La Chaire et son réseau sont très actifs. Cependant, la multitude des productions de partenaires interroge sur les modalités de mise en valeur de ces importants efforts. Pour ce faire, la Chaire dispose depuis 2014 d'un site web afin de diffuser sur les activités menées (https://terra.hypotheses.org/), mais aujourd'hui celui-ci n'est pas suffisamment alimenté.

La Chaire et son réseau représentent un nombre important de partenaires et les nouvelles demandes d'intégration au réseau sont nombreuses. Elles proviennent de pays non représentés ou bien de pays déjà représentés, mais qui, ne serait-ce que par leur dimension, nécessiteraient l'intégration d'un nouveau partenaire. Toutefois, l'augmentation du nombre des membres du réseau pose des questions cruciales de coordination à l'échelle mondiale, régionale et nationale.

3.2. LA NÉCESSITÉ D'UN VÉRITABLE PORTAGE INSTITUTIONNEL

La majorité des partenariats institutionnels perdure jusqu'à ce jour. Malheureusement, on constate que certains partenariats avec des structures institutionnelles, en particulier dans les pays d'Afrique, se sont éteints dans la décennie précédente, notamment avec le départ des porteurs locaux du partenariat, véritables leaders charismatiques. Il semble primordial pour le futur que l'institution porte effectivement la dynamique et s'outille pour mettre en place une équipe de coordination locale.

3.3. LIENS AVEC LE MONDE PROFESSIONNEL ET LA RÉALITÉ DU TERRAIN

Conformément aux directives et procédures du programme UNITWIN/Chaires UNESCO[4], la Chaire peut intégrer en tant que membre du réseau des établissements d'enseignement supérieur, à des ONG et des fondations, à d'autres associations universitaires et à des réseaux interuniversitaires et universitaires. Or, pour un véritable impact des efforts de recherche, de formation et de diffusion, il est nécessaire d'établir des liens avec le monde professionnel et le terrain où il opère. Ainsi, les relations avec les entreprises dans le domaine sont poursuivies et encouragées. Celles-ci ne seront plus comptées comme membres du réseau de la Chaire, mais comme partenaires.

3.4. SI LOIN, SI PROCHE

Les effets de la pandémie mondiale, en raison du confinement subi par divers pays ont d'une part complexifié la mise en œuvre de plusieurs projets de recherche multi-pays et ont d'autre part conduit à une réduction du nombre de conférences et colloques en 2020. Les partenaires ont toutefois su se réorganiser pour continuer à contribuer au mandat. Ainsi, de nouvelles modalités de collaboration en distanciel ont été mises en place. Cela a été particulièrement bénéfique avec la multiplication les années suivantes de conférences et colloques virtuels, permettant la diffusion à grande échelle (ex : en 2021, 40 000 personnes ont participé à la conférence de Wang Shu, prix Pritzer et membre du réseau de la Chaire).

3.5. SOUTIENS FINANCIERS

La Chaire et son réseau ont noté une réduction des financements alloués à la culture, à la protection du patrimoine et à l'aide internationale, les financements internationaux étant désormais orientés fortement vers des enjeux tels que les aléas naturels et leurs effets, le changement climatique et les droits humains et la paix. Il s'agit de sujets connexes au mandat de la Chaire, dont plusieurs membres ont su se les approprier. En

4. UNESCO, Le programme UNITWIN/Chaires UNESCO, Directives et procédures, UNESCO Paris 2022.

parallèle, les membres ont pu solliciter des financements au niveau des acteurs publics locaux concernés par l'amélioration de leur habitat et la conservation du patrimoine.

4. LES PERSPECTIVES POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CHAIRE

4.1. NOUVEAUX ENJEUX ET RENOUVELLEMENT DE LA CHAIRE

CRAterre-ENSAG doit renouveler tous les 4 ans l'accord avec l'UNESCO. Cette demande se fait sur la base d'un rapport d'activités ainsi que d'un plan pour le quadriennal à venir.

Le renouvellement de la Chaire est primordial vis-à-vis de la pertinence des sujets traités au regard des enjeux contemporains : 1) nécessaire changement de pratiques dans la construction, afin de limiter la consommation de matières rares et de réduire les émissions mondiales d'énergie dans le contexte de réchauffement climatique ; 2) augmentation de la population mondiale et nécessité de penser l'habitat pour tous dans le respect de l'environnement ; 3) augmentation des risques et nécessaire capacitation des communautés vers plus de résilience.

Pour le renouvellement de l'accord avec l'UNESCO, il est proposé de se concentrer non seulement sur les architectures de terre, mais également sur le concept de cultures constructives, permettant ainsi de s'ouvrir encore plus aux autres matériaux locaux bio et géo sourcés. Cette ouverture permettra de mettre en lumière les vertus des cultures constructives résilientes et de mener des recherches visant une plus grande soutenabilité environnementale, écologique, sociétale, économique (filières), technologique et de gouvernance de l'acte de bâtir.

4.2. THÉMATIQUES DE RECHERCHE

Les actions menées par la Chaire et son réseau sont diverses. Elles reflètent les missions des partenaires et les besoins identifiés localement. Toutefois, pour approfondir les sujets et renforcer leur impact, il est envisagé de focaliser nos collaborations sur des thématiques phares.

En effet, « depuis quelques années, avec une prise de conscience écologique renouvelée du fait de la menace climatique, en de nombreux lieux/pays, des changements d'échelles sont en train de s'opérer, permettant d'envisager de mieux répondre à la demande globale pour des solutions constructives de qualité qui limitent drastiquement la production de gaz à effet de serre » (Joffroy 2024). À l'occasion de la conférence Terra Education IV en juillet 2024, il a été possible de faire état des dynamiques en cours et de décrypter les stratégies sous-jacentes, afin de mieux les intégrer dans les programmes de recherche et de formation du réseau de la Chaire UNESCO. Cette conférence a été suivie d'un temps de réflexion sur ce sujet et d'autres avec les membres de la Chaire.

Plusieurs axes de recherche peuvent être explorés :

• Accessibilité au logement pour le plus grand nombre et habitabilité de la planète : valorisation des ressources d'un territoire dans la production de l'habitat ; ressources urbaines en construction ; normalisation des techniques de construction en terre et d'autres matériaux non industriels

• Gestion et conservation du patrimoine : Patrimoine Mondial ; patrimoines en zones de conflit ; patrimoine urbain ; patrimoine et développement ; archéologie et conservation des architectures de terre ; leçons apprises de l'architecture vernaculaire pour la conservation du patrimoine et la conception contemporaine

• Risques et stratégies de relèvement post-catastrophe : archéosismologie ; analyse des cultures constructives locales en vue de leur rétro-ingénierie et retro-conception

4.3. COOPÉRATIONS INTERUNIVERSITAIRES

Malgré les résultats importants obtenus par la Chaire et son réseau ces 4 dernières années, il est souhaité de renforcer les coopérations universitaires à travers : i) des réunions et des conférences régulières entre les membres ; ii) la promotion des collaborations régionales et nationales entre les universités associées au réseau afin d'organiser des ateliers, des cours, des conférences et des publications et iii) le soutien aux programmes d'échange et aux initiatives de recherche. Ces initiatives sont essentielles pour favoriser un environnement dynamique d'enrichissement mutuel et pour partager les bonnes pratiques.

Aussi, pour augmenter sa portée, il serait utile d'ouvrir le réseau de la Chaire à d'autres milieux et disciplines que celles déjà très présentes (architecture, ingénierie, archéologie). À ce titre, CRAterre-ENSAG mène déjà des collaborations interdisciplinaires notamment avec les institutions de recherche suivantes : Sciences Po, 3 SR, IFSTTAR, la Maison de l'Orient, l'Université de Cambridge, l'Université d'Oxford. Elle collabore également avec des structures internationales telles que l'ICCROM, la Croix Rouge, UN-Habitat, le *Global Network for Sustainable Housing*, le Shelter Cluster, etc.

4.4. LIENS AVEC LE MONDE PROFESSIONNEL

Les réseaux associés à l'architecture de terre sont présents dans divers pays (ICOMOS ISCEAH, Red Proterra, associations nationales, etc.). Ceux-ci sont actifs et mènent des actions complémentaires à celles menées par la Chaire et son réseau. De plus amples interactions avec ces réseaux permettraient que les actions de recherche et de formation servent plus directement les besoins du terrain.

4.5. GOUVERNANCE AU SEIN DU RÉSEAU

Conformément à l'accord signé entre l'École d'Architecture de Grenoble et l'UNESCO, la gouvernance de la Chaire incombe à l'ENSAG et son équipe de recherche CRAterre. Toutefois, considérant les enjeux d'animation scientifique et de coordination de ce large réseau, il est envisagé de mettre en place un comité de coordination scientifique ainsi qu'un comité de coordination du réseau. Le premier définirait les objectifs scientifiques à atteindre au sein de la Chaire, le second réfléchirait aux modalités d'interconnexions nationales, régionales et thématiques. Ces deux comités composés de membres du réseau se réuniraient tous les deux ans.

26 ans après sa création, la Chaire et son réseau ont su se développer et avoir un impact important à l'échelle internationale. Sa mission, au regard des enjeux actuels (climatiques, sociaux, démographiques), a toute sa pertinence.

Cependant, il est nécessaire de renforcer la coordination (régionale, thématique), de mieux exploiter les ressources existantes (site web, rapports, bibliographies, conférences en ligne, etc..) et d'élargir le réseau.

BIBLIOGRAPHIE

Guillaud, H. et Gandreau, D. (2010). *Terra Education 2010, Communication*. CRAterre, Grenoble.

Guillaud, H. et al, Gandreau, D. (2010). *Rapport d'activité 2009, Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable*. CRAterre, Grenoble.

Gandreau, D. et al. (2022). *Terra Education III, perspectives pour le développement de l'enseignement sur les architectures de terre*. CRAterre, Grenoble. 2022

Gandreau, D. et al. (2024). *Rapport d'activités 2020-2023, Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable*. CRAterre, Grenoble. https://terra.hypotheses.org/3324

Joffroy et al. (2024). Annonce du colloque Terra Education 4, changement d'échelle. CRAterre, Grenoble.

UNESCO. (2022) *Le programme UNITWIN/Chaires UNESCO, Directives et procédures*. UNESCO Paris.

Moriset, S et al (2014). *Versus: lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*. CRAterre-ENSAG, 2014, 978-2-906901-78-0. (hal-01159770)

Correia, M et al. (2014). *VERSUS: Heritage for Tomorrow Knowledge for Sustainable Architecture*. Firenze University Press. 2014. ISBN: 978-88-6655-741-8

Wiss, U. (2005). *La construction en « matériaux locaux », État d'un secteur à potentiel multiple.* Direction de la développement et de la coopération Suisse.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Bakonirina RAKOTOMAMONJY est architecte, enseignante à l'ENSAG et chercheuse rattachée à
l'Équipe CRAterre de l'UR AE&CC de l'ENSAG. Elle est diplômée du DPEA Architecture de terre en2004. Elle est coordinatrice du réseau de la Chaire UNESCO architecture de terre, cultures constructives et développement durable.

David GANDREAU est archéologue, docteur en architecture, chercheur à l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (CRAterre, AE&CC, ENSAG, Univ. Grenoble Alpes). Depuis 2018, il est responsable scientifique de la Chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » hébergée par l'ENSAG.

Arnaud MISSE est maître de conférences à l'ENSAG et chercheur rattaché à l'Équipe CRAterre de l'UR AE&CC de l'ENSAG. Depuis 2020, il est responsable administratif de la Chaire UNESCO « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » hébergée par l'ENSAG.

Adobes en terre au Nouveau-Mexique - Briqueterie semi-industrielle créée en 1972, Albuquerque, Nouveau-Mexique, États-Unis. © T. Joffroy, 2022

THEME 5

FILIÈRES DE PRODUCTION
PRODUCTION SECTORS
SECTORES PRODUCTIVOS

ENHANCING THE SUSTAINABILITY AND PERFORMANCE OF COMPRESSED STABILIZED SAND BLOCKS WITH VETIVER STRAW FIBER AND CEMENT.

Islam Md. BULBUL, Graduate Student, Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) (bulbulislam64@gmail.com)
Paul SHANTANU, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) (shantanu47@ce.buet.ac.bd)
Sakib Mirza Md. NAZMUS, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) (mirzasakib@ce.buet.ac.bd)
Islam Mohammad SHARIFUL, Professor, Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET) (msharifulbd@gmail.com)

SUMMARY

Compressed stabilized sand blocks (CSSBs) are gaining popularity in industrialized nations due to their economic, social, and environmental benefits, such as eco-friendliness, local availability, cost-effectiveness, fire resistance, and sustainability. However, unstabilized blocks often suffer from low strength, lack of ductility, and vulnerability to seismic activity, necessitating stabilizers. Vetiver, a robust perennial grass known for its environmental conservation capabilities, is underutilized in CSSB production. This study explores the innovative use of Vetiver straw fibers combined with cement to enhance CSSB performance. Furthermore, this research leverages locally sourced riverbed sand from the Ganges-Brahmaputra-Meghna delta of Bangladesh, aligning with sustainable construction practices. CSSBs were manufactured with 0-2.5% Vetiver fibers and 4-8% cement by dry sand mass, assessing their compressive strength through unconfined compression tests and microstructural analysis using scanning electron microscopy with energy dispersive x-ray spectroscopy (SEM-EDX). The results showed that Vetiver straw fibers significantly improve CSSB ductility. SEM images reveal strong fiber-sand interconnections and reduced voids due to calcium silicate hydrate gels forming from cement. These findings suggest that incorporating Vetiver straw fibers with cement and riverbed sand could revolutionize CSSB production, offering a sustainable and resilient construction material in the face of global environmental challenges.

INTRODUCTION

The growing environmental challenges and resource depletion have propelled industries globally to adopt sustainable practices. In construction, this shift has revitalized interest in traditional materials and methods, notably earth-based technologies. Compressed stabilized sand blocks (CSSBs) have gained prominence due to their minimal environmental footprint and use of locally sourced materials, thus significantly enhancing economic and environmental sustainability (Paul, Islam, et Elahi, 2023 ; Turco et al., 2021). CSSBs are preferred for their affordability, fire resistance, and overall sustainability, increasingly making them the material of choice in modern construction (Bogas et al., 2019; Mostafa et Uddin, 2016). Informal surveys in India and Bangladesh have indicated that earth-based building materials are often viewed negatively as a construction choice. This perception stems largely from their susceptibility to weather damage, which has tarnished their reputation in these societies (Islam, 2010; Kulshreshtha et al., 2020). Additionally, these materials are particularly prone to earthquake damage due to their brittle nature and low tensile strength (Segetin et al., 2007; Zare et al., 2020). To overcome these limitations, enhancements through stabilizers like cement or lime are necessary to satisfy the stringent demands of contemporary construction (Turco et al., 2021). While cement is an effective stabilizer, its significant carbon emissions have driven research towards more environmentally friendly alternatives that also enhance the mechanical properties of CSSBs (Thomas, 2018; Xia et al., 2023).

The exclusive use of cementitious materials does not adequately address issues such as ductility, toughness, or tensile strength of CSSBs. This has led researchers to investigate fiber reinforcement as a strategy to enhance these properties (Paul et al., 2022a; Paul et al., 2022b; Paul, Islam, et Elahi, 2023). Prior studies have demonstrated that both natural and synthetic fibers, including those derived from agricultural byproducts like sugarcane bagasse, jute, and sisal, significantly improve the strength, ductility, and seismic resilience of CSSBs (Islam et al., 2023; Kumar et Barbato, 2022; Paul et al., 2024; Paul, Islam, et Hossain, 2023a; Sujatha et Selsia Devi, 2018). Vetiver straw fibers, sourced from the robust and fibrous Vetiver plant (Chrysopogon zizanioides), present a promising but underutilized option. Known for its effectiveness in sand and water conservation, the application of Vetiver straw fibers in CSSB production offers a novel avenue for developing CSSB as a sustainable construction material (Aziz et Islam, 2022, 2023 ; Badhon et al., 2021 ; Hoque et al., 2021 ; Paul, Islam, et Hossain, 2023b).

Existing research has mainly focused on straw fibers from cereal plants like rice, barley, and wheat for producing earthen blocks. This research will underscore the untapped benefits of integrating Vetiver straw fibers with cement to increase the ductility of sand blocks, focusing on a significant research gap in fully leveraging this natural fiber for more robust and sustainable construction. Moreover, by incorporating locally sourced riverbed sand from the Ganges-Brahmaputra-Meghna delta, which receives substantial annual sediment deposits, this research also taps into underutilized natural resources, aligning with sustainable construction practices that minimize environmental impact (Paul, Islam, et Elahi, 2023). Here, the research methodology involves preparing CSSBs with varying proportions of Vetiver straw fibers (0% to 2.5% by dry sand mass) and cement (4% to 8%). This study evaluates the compressive strength of CSSBs through unconfined compression tests and conducts a comprehensive microstructural analysis using scanning electron microscopy with energy dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDX). These analyses are essential for understanding the interaction between Vetiver straw fibers and the sand-cement matrix, particularly the formation of calcium silicate hydrate (C-S-H) gels that contribute to a denser, more robust sand matrix. By bridging traditional and modern construction methodologies, this study aims to provide insights that not only advance the field of sustainable construction but also offer practical solutions to the challenges posed by climate change and resource scarcity.

1. MATERIALS AND METHODS

1.1. SAND

This study involved collecting sand samples from the riverbed of the Padma River in Iswardi Upazila, situated in the Pabna district of Rajshahi, Bangladesh. The particle size distribution of sand was analyzed through sieve analysis test, conforming to ASTM D 422. Fig. 1a presents the grain size distribution curve. Moreover, specific gravity of the sand was determined as per ASTM D 854. The compaction characteristics of the sand were evaluated using the standard Proctor compaction test, as specified by ASTM D 698. The physical properties of the riverbed sand are summarized in Table 1. Based on the Unified Soil Classification System (USCS), the riverbed sand is categorized as poorly-graded sand (SP).

Parameters	Value
Specific gravity, G_S	2.72
Sand (%)	97.80
Fines (%)	2.20
Median grain size, d_{50} (mm)	0.235
Co-efficient of uniformity, C_u	1.545
Co-efficient of curvature, C_c	0.913
Optimum moisture content (%)	16.32
Maximum dry density (kNm^{-3})	15.01
Classification (USCS)	SP

Table 1. Physical properties of sand.

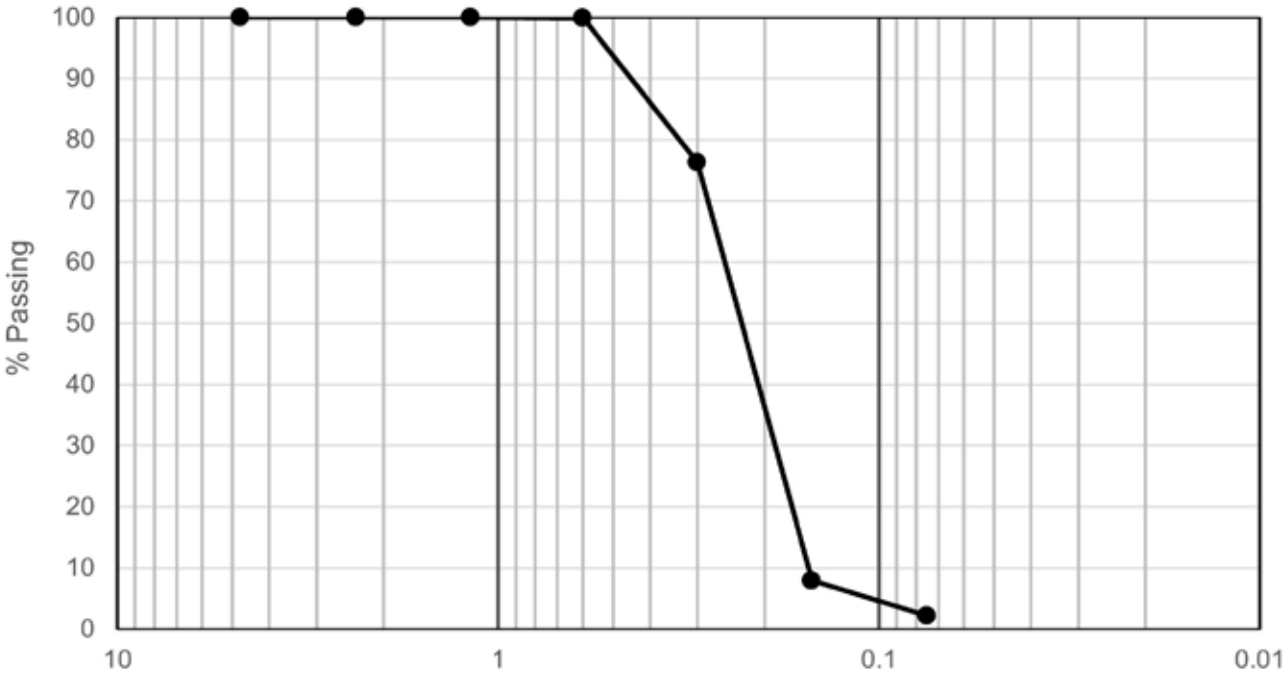
1.2. VETIVER STRAW FIBERS

In this study, Vetiver straw fibers were meticulously selected for their uniformity and used as reinforcement materials (Fig. 1b). These fibers were consistently cut to lengths of 3-4 cm with diameters of 4-5 mm. The proportion of Vetiver straw fiber (VSF) in the mixture varied from 0.5% to 2.5%. The fibers demonstrated a tensile strength of 32.7 N.

In this research, the fibers underwent a preparatory treatment involving a 6% sodium hydroxide (NaOH) solution at room temperature for two hours (Mostafa et Uddin, 2015). After treatment, the fibers were thoroughly rinsed to eliminate any residual alkali and then oven-dried at 105 °C for 24 hours. This treatment protocol served multiple purposes. It was intended to reduce the risk of fungal and insect attacks that could weaken the fibers. Additionally, it aimed to prevent rotting and extend the fibers' durability. Furthermore, the process was designed to enhance the surface roughness of the fibers, improving their bonding properties (Islam et al., 2011; Kaima et al., 2023; Rippon et Evans, 2012).

1.3. SAMPLE PREPARATION

Initially, sand was collected and passed through a sieve to remove unsuitable particles. It was then oven-dried, and the fraction of sand that passed through a 4.75 mm mesh sieve was used for the production of samples for unconfined compression testing. The experiment explored various combinations of cement and Vetiver straw fiber (VSF) mixed with sand (Table 2). Cement proportions of 4%, 6%, and 8%, and VSF proportions ranging from 0% to 2.5% by weight of dry sand were tested to examine their impact on the compressive strength. The sand, VSF, and cement were initially weighed and mixed in a dry state to ensure a homogeneous blend, criti-



a)

b)

Figure 1. (a) Grain size distribution curve of sand and (b) image of raw vetiver straw fibers used.

cal for consistent test results. Water was then added based on the optimum moisture content determined by the standard Proctor compaction test.

The mixture was compacted into cylindrical molds (38 mm in diameter and 76 mm in height) in three separate layers to promote even compaction. Here, compaction was achieved using a metal tamping rod that weighed 279 grams, with a drop height set at 25 cm, delivering 25 blows per layer. The compaction energy used matched that of the standard Proctor method. After compacting the top layer, any irregularities were smoothed using a straightedge. The sample was then left undisturbed for 24 hours before being removed from the mold. To prevent moisture loss, the samples were subsequently wrapped in plastic bags and placed in a humidity-controlled room. Thereafter, the samples were cured for 7, 14, and 28 days at an average temperature of 25 ± 2° C and a relative humidity of at least 96% (Elahi et al., 2020; Paul, Islam, et Elahi, 2023). The bulk densities recorded for unreinforced specimens containing 4%, 6%, and 8% cement were 1874 kg/m^3, 1970 kg/m^3, and 1972 kg/m^3, respectively. In contrast, VSF reinforced specimens that were composed of 4% cement, 6% cement, and 8% cement exhibited bulk densities ranging from 1840 to 1944 kg/m^3, 1848 to 1909 kg/m^3, and 1885 to 1967 kg/m^3, respectively. This data suggests a general trend of decreased bulk density in the fiber-reinforced CSSBs. The incorporation of fibers, which possess a lower density than sand, contributes to a reduced overall density in these reinforced CSSBs. Additionally, the elastic characteristics of the fibers diminish compaction effectiveness, further lowering the density. This decrease in density offers several benefits, including the production of lighter CSSBs, enhanced earthquake resilience due to reduced inertia forces, and increased energy efficiency in buildings constructed with Vetiver straw fiber-reinforced CSSBs. The latter is due to the material's lower thermal conductivity, which reduces the energy needed to maintain optimal indoor conditions (Paul, Islam, et Hossain, 2023b).

1.4. EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS

In the course of this research, a series of comprehensive tests were conducted to thoroughly examine the properties of the specimen (Table 2). The unconfined compressive test was performed to obtain valuable data on the specimen's mechanical behavior under compressive stress. This was followed by a detailed microstructural analysis using scanning electron microscopy (SEM). This allowed for a closer look at the internal structure and composition of the specimen. Additionally, an energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) was carried out, offering elemental and chemical insights into the specimen.

Cement* (%)	VSF* (%)	No. of Samples	Testing
4, 6, 8	0, 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5	56	1. Unconfined Compression Tests (7, 14, and 28 days) 2. Microstructural Investigation (SEM-EDX)

Cement and VSF percentages are with respect to the mass of initial dry sand taken

Table 2. Combination of cement and Vetiver straw fiber (VSF) considered in this study.

1.4.1. Compressive Strength Test

As per ASTM D 5102, the test specimen was meticulously positioned on the lower platen of the loading apparatus, ensuring it was centered. The upper platen was adjusted to just touch the specimen, avoiding any undue pressure. The deformation indicator was then set to zero. The load was applied in a steady manner and for specimens exhibiting ductility due to the incorporation of Vetiver straw fiber reinforcement, a constant axial deformation rate of 2% per minute was maintained throughout the test. The load was applied until the specimen failed or the load values started to decrease with increasing strain. During the test, axial force and deformation were recorded at regular intervals to accurately capture the stress-strain curve. The test was continued until a strain of 15% was reached or the load values began to decrease with increasing strain.

1.4.2. Microstructural Analysis

In this research, a detailed microstructural analysis through SEM-EDX was conducted on a sample containing 1% Vetiver straw fiber and 8% cement (28 days curing) using the advanced ZEISS EVO 18 microscope from Germany. This instrument employs an electron gun to generate electrons that are subsequently focused by magnetic lenses into a precise beam. This beam scans the sample in a systematic grid pattern, while detectors collect emissions from the sample's surface, thereby producing intricate images. The sample preparation involved drying in an oven for 24 hours, followed by cutting into small sections which were then placed into the SEM chamber for examination. Throughout the analysis, the voltage was maintained at 10 kV and the working distance was kept between 5 to 7 mm to ensure high-quality images and a thorough analysis of the microstructures.

2. RESULTS AND DISCUSSIONS

2.1 UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH

Table 3 illustrates the results of unconfined compressive strength (UCS) tests conducted on cylindrical samples following curing periods of 7, 14, and 28 days. The sample made with untreated sand exhibited no measurable UCS. In contrast, those stabilized with cement demonstrated UCS values ranging from 0.11 to 0.27 MPa at 7 days, 0.13 to 0.35 MPa at 14 days, and 0.20 to 0.37 MPa at 28 days.

VSF content (%)	Cement Content (%)	7 days UCS (MPa)	Peak Strain (%)	Failure Strain (%)	14 days UCS (MPa)	Peak Strain (%)	Failure Strain (%)	28 days UCS (MPa)	Peak Strain (%)	Failure Strain (%)
0	4	0.11	1.47	3.12	0.13	1.48	2.57	0.20	1.53	2.58
	6	0.13	0.96	3.07	0.24	1.93	2.50	0.25	2.11	2.53
	8	0.27	2.44	5.09	0.35	1.44	1.98	0.37	1.97	2.56
0.5	4	0.06	1.99	5.14	0.07	3.23	4.12	0.12	3.02	5.08
	6	0.16	1.41	4.02	0.17	2.49	4.21	0.18	2.46	4.31
	8	0.23	2.43	5.18	0.28	2.51	3.11	0.28	3.21	5.12
1	4	0.05	5.01	6.98	0.05	2.42	5.17	0.07	3.09	5.11
	6	0.08	2.58	4.03	0.08	2.55	4.34	0.13	2.23	3.02
	8	0.08	3.06	5.91	0.27	4.02	6.25	0.33	5.25	7.16
1.5	4	0.03	5.88	7.12	0.07	6.93	7.13	0.10	7.03	7.84
	6	0.08	2.55	4.11	0.09	2.07	4.33	0.09	3.97	7.18
	8	0.10	6.08	7.23	0.22	5.11	7.24	0.20	4.88	7.26
2	4	0.07	6.41	7.19	0.10	9.19	10.28	0.12	8.78	10.05
	6	0.08	4.76	7.15	0.08	5.88	8.17	0.10	5.87	8.18
	8	0.17	5.07	6.08	0.18	5.21	7.04	0.18	4.82	7.13
2.5	4	0.04	5.14	6.23	0.09	14.22	15.10	0.11	6.91	10.31
	6	0.06	2.51	5.03	0.08	8.13	10.21	0.16	7.82	10.15
	8	0.02	1.99	2.56	0.07	6.33	8.19	0.11	9.75	13.13

Table 3. Unconfined compressive strength, peak strain and failure strain for different mix compositions.

Fig. 5 visually depicts the typical failure modes for specimens with different compositions. Samples reinforced with Vetiver straw fiber mainly displayed bulging failures with or without shearing, indicative of ductile behavior.

The addition of Vetiver straw fibers, combined with cement, resulted in UCS values of 0.02 to 0.23 MPa at 7 days, 0.05 to 0.28 MPa at 14 days, and 0.07 to 0.33 MPa at 28 days. Although the Vetiver straw fibers did not significantly increase the UCS, they notably enhanced the ductility of the CSSB samples. This improvement is evident in the axial stress-strain curves presented in Fig. 2-4, where cement-stabilized samples without fibers showed peak strains of 0.96%-2.44% and failure strains of 1.98%-5.09%. By comparison, samples treated with both cement and VSF exhibited peak strains from 1.41% to 14.22% and failure strains from 2.56% to 15.10%, marking a substantial increase in ductility.

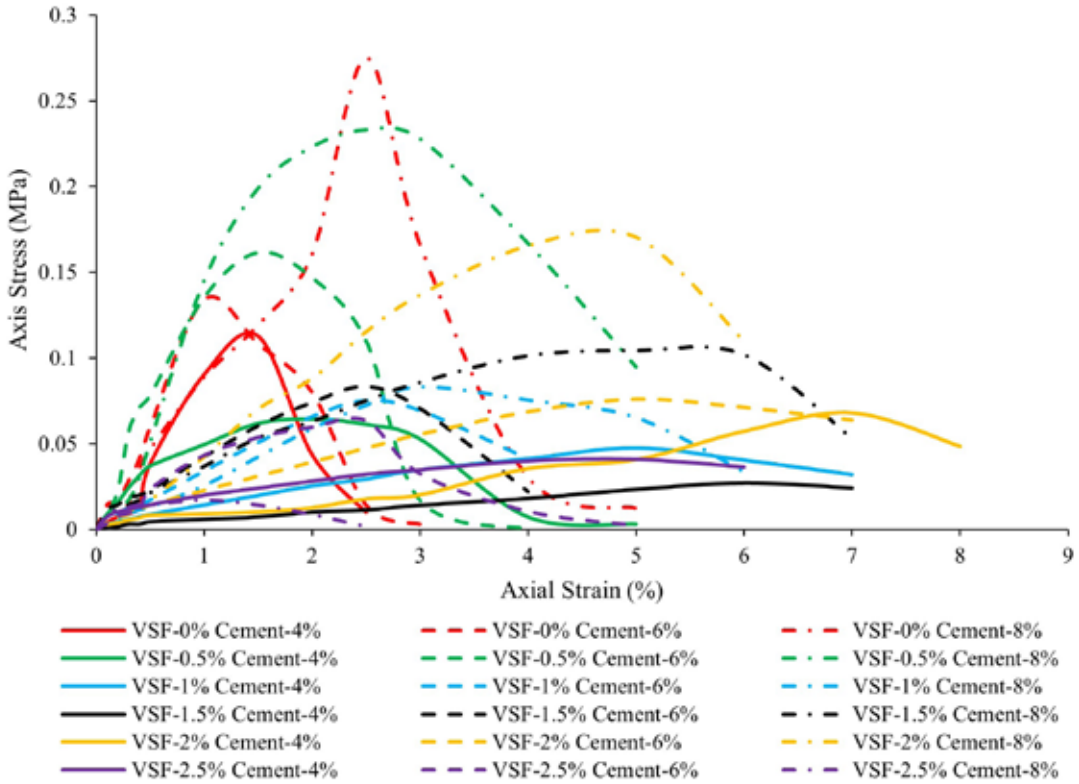


Figure 2. Axial stress strain behavior of untreated and Cement and VSF treated specimens after 7 days.

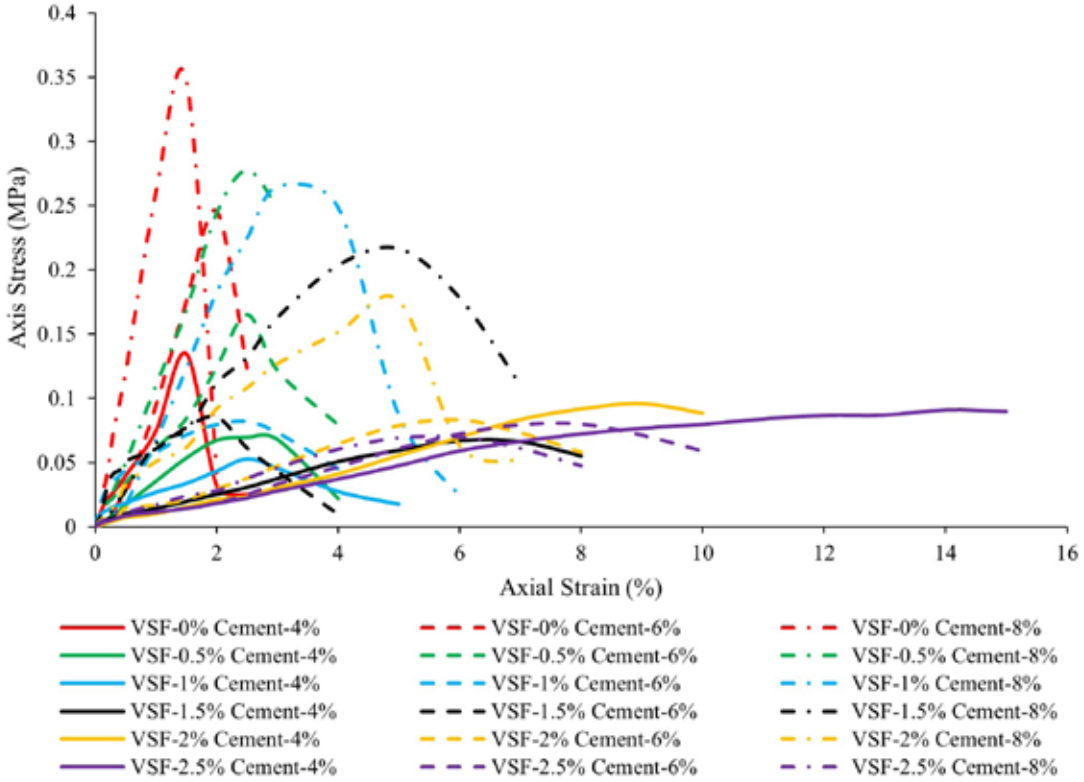


Figure 3. Axial stress strain behavior of untreated and Cement and VSF treated specimens after 14 days.

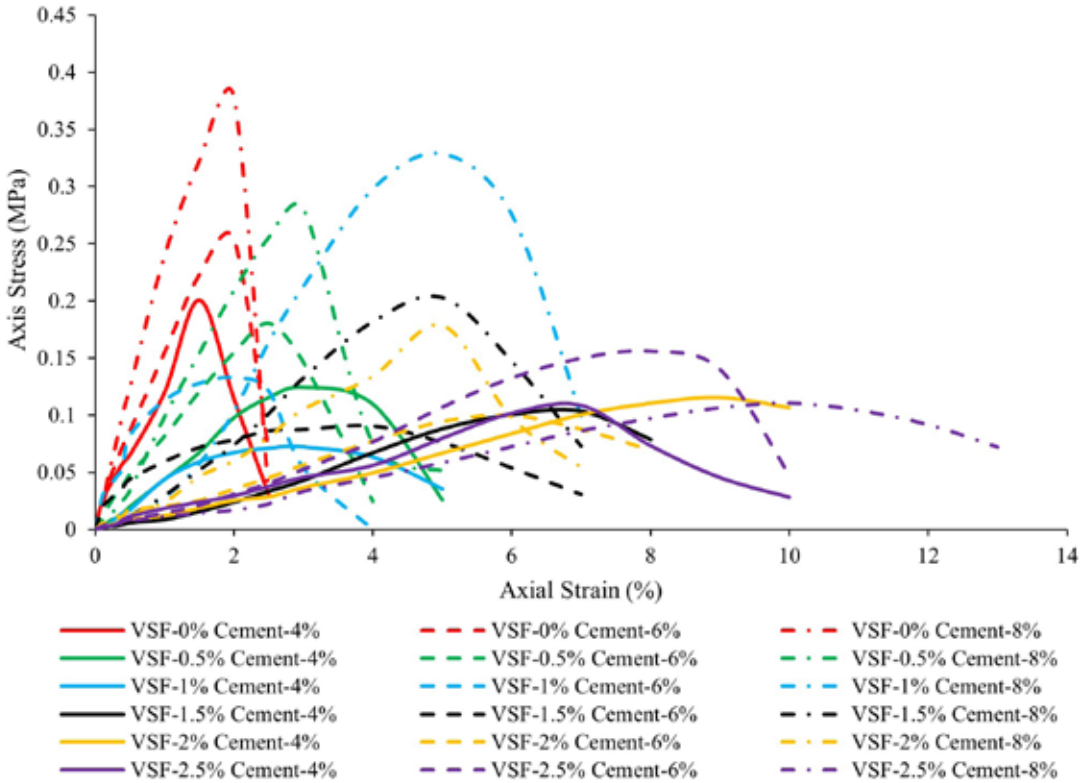


Figure 4. Axial stress strain behavior of untreated and Cement and VSF treated specimens after 28 days.

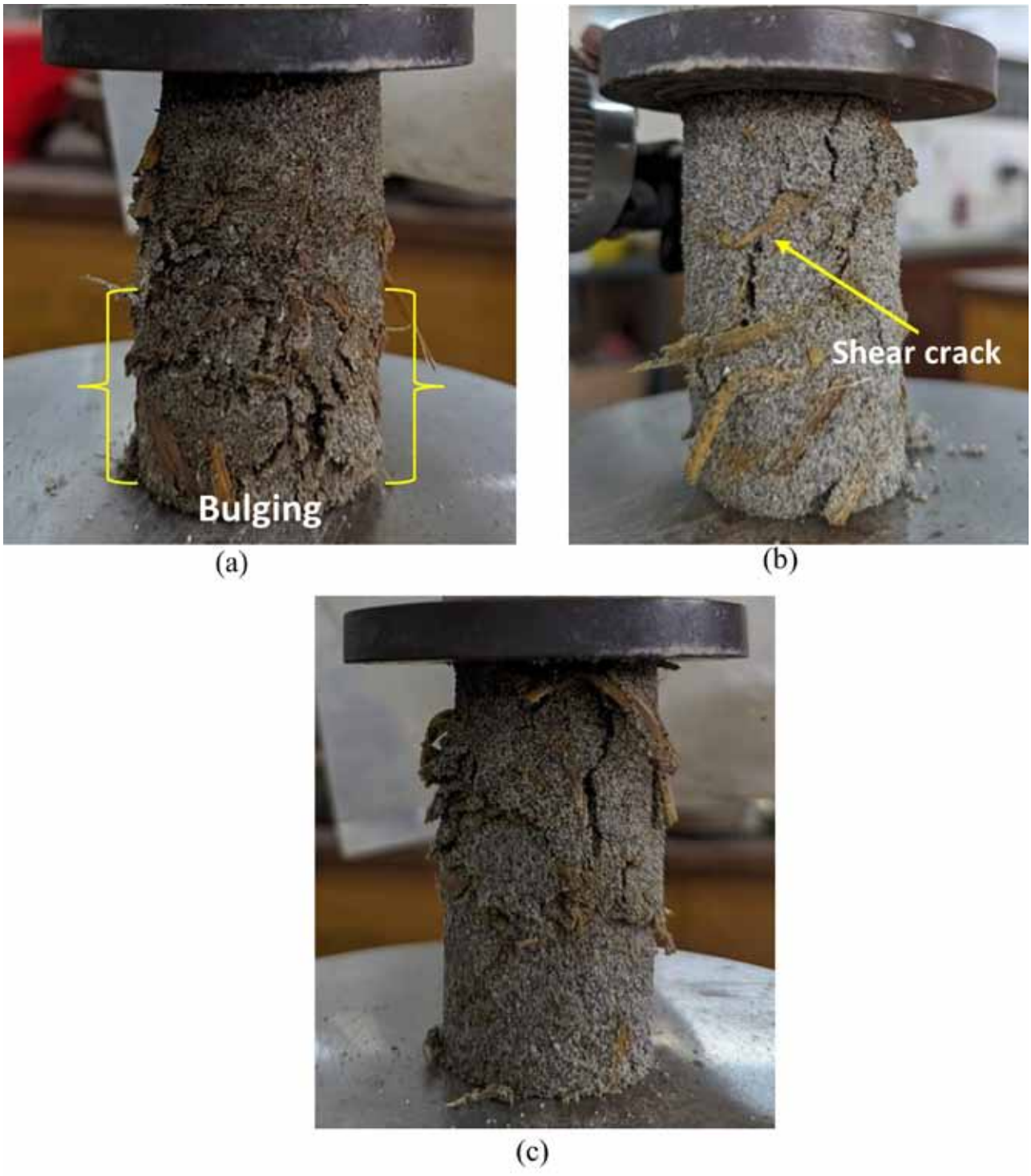


Figure 5. Common failure patterns observed during unconfined compressive strength test: (a) Bulging failure, (b) Shear failure, (c) Bulging with shear failure.

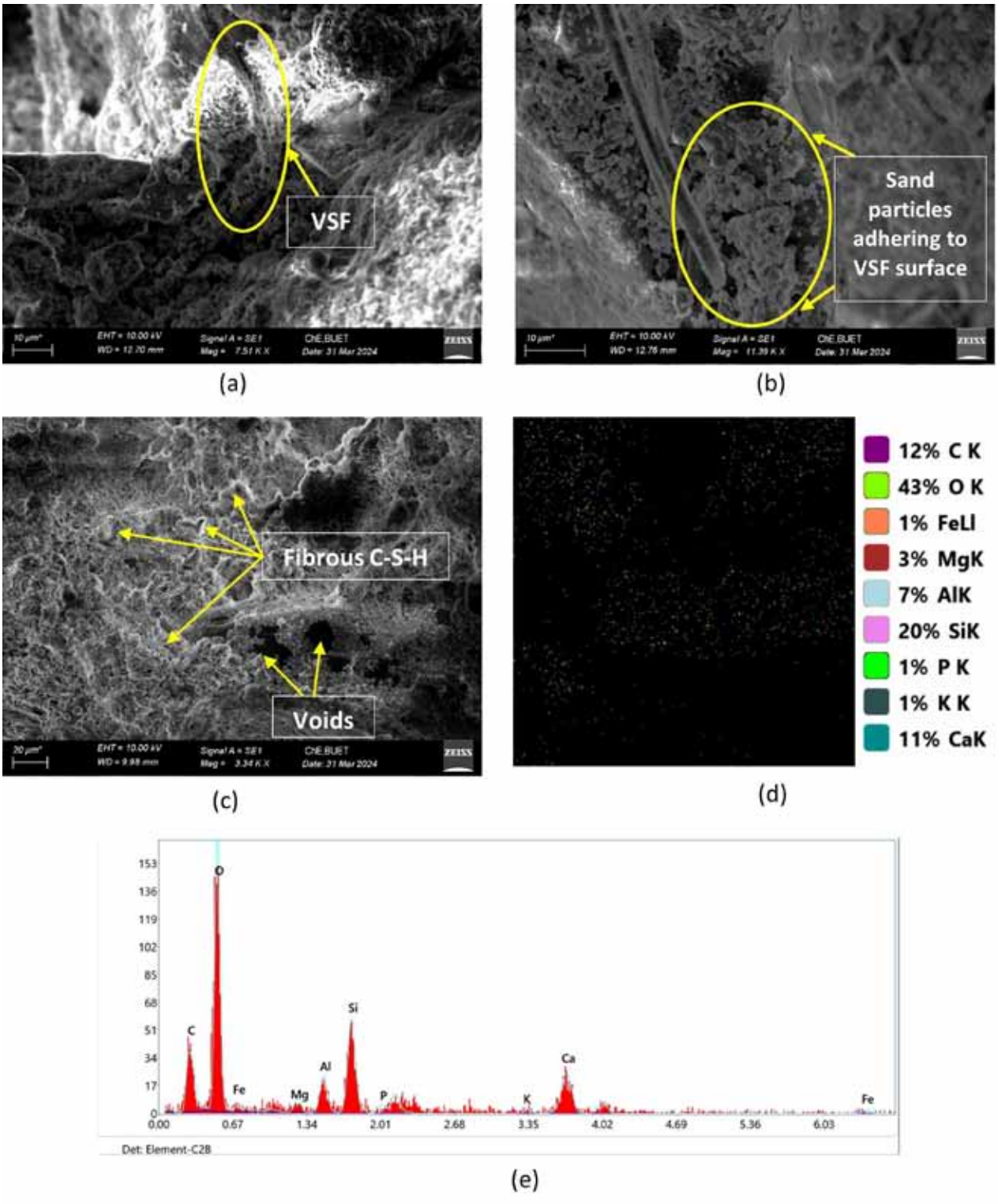


Figure 6. (a)-(c) SEM images and (d)-(e) EDX mapping - of 1% VSF and 8% cement stabilized CSSB sample at 28 days.

Fig. 6 (d-e) demonstrates the EDX mapping of the samples with significant relative abundance of the five major elements: carbon, oxygen, calcium, silicon and aluminum. It further ensures the presence of a dense sand-fiber matrix supplimented with cementitous products.

On the other hand, unreinforced samples typically failed through shear, a characteristic of brittle behavior, where failure occurred abruptly and with minimal prior deformation. The inclusion of Vetiver straw fibers in CSSBs not only adds ductility, enhancing earthquake resistance but also leads to a more controlled failure process (Binici et al., 2005). While unreinforced CSSBs failed suddenly with the formation of a single large crack, VSF-reinforced blocks showed multiple fine fractures and a gradual failure process, with fibers effectively bridging the emerging cracks, thus enhancing load distribution post-peak (Danso et al., 2015; Paul, Islam, et Hossain, 2023b; Sujatha et Selsia Devi, 2018).

3.2. MICROSTRUCTURAL ANALYSIS

Fig. 6 (a-c) showcases SEM images of specimen fabricated with 1% VSF in an 8% cement mixture, which exhibits the highest compressive strength among all the cement stablized and VSF-reinforced samples. The images reveal some sand particles adhering to the Vetiver straw fiber surface inferring enhanced bond and added friction between the sand-cement matrix and the fiber, thus creating a more dense and wear-resistant composite (Paul, Islam, et Hossain, 2023b). The formation of fibrous C-S-H gel from the cement-sand reaction contributes to the reduction in voids and facilitates better sand-fiber bonds (Donkor et Obonyo, 2015). Thus, the Vetiver straw fibers, dispersed throughout the sand particles, create a lattice that interlocks particles and exhibits enhanced resistance to deformation under stress.

CONCLUSIONS

The prevalent reliance on fired clay bricks in Bangladesh has led to significant sustainability challenges due to the depletion of fertile topsoil. Opting for under-utilized riverbed sand over clay in construction not only safeguards food security but also promotes sustainable construction practices by conserving agricultural topsoil in Bangladesh. Additionally, incorporating vetiver straw fibers into compressed stabilized sand blocks (CSSBs) improves their ductility, making them a more climate resilient and sustainable option in disaster-prone areas. Therefore, this research has delved into the capabilities of Vetiver straw fiber combined with cement to assess the compressive strength and ductility of CSSBs via unconfined compression tests. The performance of CSSBs is further assessed thorough microstructural examinations. The key findings from this study are jotted down as follows:

1. According to the results obtained from unconfined compression testing, the incorporation of Vetiver straw fibers considerably improved the ductility of the sand samples compared to the cement only stabilized specimens. However, Vetiver straw fiber reinforcement did not lead to major change in strength. Specifically, sample containing 2.5% VSF and 4% cement demonstrated the maximum peak strain of 14.22% and failure strain of 15.10%. In contrast, samples reinforced solely with cement exhibited a maximum peak strain of 2.44% and a failure strain of 5.09%. This comparison exhibits the significant enhancement in ductility brought about by the addition of Vetiver straw fibers with cement. Furthermore, among the VSF reinforced and cement stabilized specimens, sample stabilized with 1% VSF and 8% cement showed higher increase in compressive strength.
2. The microstructural investigation conducted using scanning electron microscopy provided insightful revelations about the interaction between the components of the mixture. It was observed that the sand particles were adhering to the Vetiver straw fiber. This adhesion can be attributed to the formation of calcium silicate hydrate (C-S-H) gel, which is a result of the addition of cement to the mixture. The C-S-H gel acts as a binding agent, enhancing the cohesion between the sand particles and the Vetiver straw fiber, thereby contributing to the overall ductility of the composite.

However, the analysis also revealed the presence of voids within the mixture. These voids were found to be a consequence of the use of poorly graded sand. In a poorly graded material, the particles are all of a similar size, which can lead to larger void spaces between particles. These voids can potentially affect the density and strength of the final product. Therefore, while the addition of Vetiver straw fiber and cement has beneficial effects on the ductility and strength of the mixture, the gradation of the sand used is an important factor that needs to be considered in the overall performance of the CSSBs. A potential solution to address the issue of voids in the mixture due to the use of uniform graded sand could be the incorporation of well-graded sand instead. Well-graded sand, with a variety of particle sizes, can pack more tightly together, reducing the size and number of voids. This could lead to an increase in the density and potentially the strength of the final CSSBs.

BIBLIOGRAPHY

Aziz, S., et Islam, M. S. (2022). "Mechanical Effect of Vetiver Grass Root for Stabilization of Natural and Terraced Hill Slope". *Geotechnical and Geological Engineering*, Vol. 40 (6), p. 3267 – 3286. https://doi.org/10.1007/s10706-022-02092-y

Aziz, S., et Islam, M. S. (2023). "Erosion and runoff reduction potential of vetiver grass for hill slopes: A physical model study". I*nternational Journal of Sediment Research*, Vol. 38(1), p. 49 – 65. https://doi.org/10.1016/J.IJSRC.2022.08.005

Badhon, F. F., Islam, M. S., et Islam, M. A. (2021). "Contribution of Vetiver Root on the Improvement of Slope Stability" I*ndian Geotechnical Journal*, Vol. 51(4), p. 829–840. https://doi.org/10.1007/s40098-021-00557-0

Binici, H., Aksogan, O., et Shah, T. (2005). "Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material". *Construction and Building Materials*, Vol. 19(4), p. 313 – 318. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2004.07.013

Bogas, J. A., Silva, M., et Glória Gomes, M. (2019). « Unstabilized and stabilized compressed earth blocks with partial incorporation of recycled aggregates ». I*nternational Journal of Architectural Heritage*, Vol. 13(4), p. 569 – 584. https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1442891

Danso, H., Martinson, D. B., Ali, M., et Williams, J. B. (2015). « Physical, mechanical and durability properties of soil building blocks reinforced with natural fibres ». *Construction and Building Materials,* Vol. 101, p. 797 – 809. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.069

Donkor, P., et Obonyo, E. (2015). "Earthen construction materials: Assessing the feasibility of improving strength and deformability of compressed earth blocks using polypropylene fibers". *Materials and Design*, Vol. 83, p. 813–819. https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.017

Elahi, T. E., Shahriar, A. R., Islam, M. S., Mehzabin, F., et Mumtaz, N. (2020). « Suitability of fly ash and cement for fabrication of compressed stabilized earth blocks ». *Construction and Building Materials*, Vol. 263, p. 120935. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120935

Hoque, I. L., Islam, M. S., et Hoque, E. (2021). « Effect of vetiver root on triaxial shear strength of a cohesionless soil. » *Geomechanics and Geoengineering* Vol. 17 (3), p. 857 – 871. https://doi.org/10.1080/17486025.2021.1903089

Islam, M. S. (2010). "Present status and problems of earthen architecture in Bangladesh : role of education". In: *Proceedings of the Seminar TERRA Education 2010*, France, p. 176–184.

Islam, M. S., Paul, S., et Iqbal, S. M. (2023). « Strength-ductility behavior of earthen block reinforced with vetiver shoot ». In: *Smart Geotechnics for Smart Societies*, p. 2444 – 2448. https://doi.org/10.1201/9781003299127-379

Islam, M. S., Pickering, K. L., et Foreman, N. J. (2011). « Influence of alkali fiber treatment and fiber processing on the mechanical properties of hemp/epoxy composites ». *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 119 (6), p. 3696 – 3707. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/app.31335

Kaima, J., Preechawuttipong, I., Peyroux, R., Jongchansitto, P., et Kaima, T. (2023). « Experimental investigation of alkaline treatment processes (NaOH, KOH and ash) on tensile strength of the bamboo fiber bundle ». *Results in Engineering*, Vol. 18 (September 2022). https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101186

Kulshreshtha, Y., Mota, N. J. A., Jagadish, K. S., Bredenoord, J., Vardon, P. J., van Loosdrecht, M. C. M., et Jonkers, H. M. (2020). « The potential and current status of earthen material for low-cost housing in rural India ». *Construction and Building Materials*, Vol. 247, p. 118615. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118615

Kumar, N., et Barbato, M. (2022). « Effects of sugarcane bagasse fibers on the properties of compressed and stabilized earth blocks ». *Construction and Building Materials*, Vol. 315 (June 2021), p. 125552. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125552

Mostafa, M., et Uddin, N. (2015). « Effect of banana fibers on the compressive and flexural strength of compressed earth blocks. » *Buildings*, Vol. 5 (1), p. 282 – 296. https://doi.org/10.3390/buildings5010282

Mostafa, M., et Uddin, N. (2016). "Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces". *Case Studies in Construction Materials*, Vol. 5, p. 53 – 63. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.07.001

Paul, S., Islam, M. S., et Chakma, N. (2024). "Effectiveness of areca fiber and cement on the engineering characteristics of compressed stabilized earth blocks". *Construction and Building Materials*, Vol. 427 (April), p. 136290. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136290

Paul, S., Islam, M. S., et Elahi, T. E. (2023). « Potential of waste rice husk ash and cement in making compressed stabilized earth blocks: Strength, durability and life cycle assessment ». *Journal of Building Engineering*, Vol. 73 (2023), p. 106727. https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2023.106727

Paul, S., Islam, M. S., et Hossain, M. I. (2023a). « Suitability of Vetiver straw fibers in improving the engineering characteristics of compressed earth blocks ». *Construction and Building Materials*, Vol/ 409(X), p. 134224. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134224

Paul, S., Sakib, M. M. N., Elahi, T. E., et Islam, M. S. (2022a). « Suitability of Agro-Industrial Wastes and Soil in Manufacturing Strong and Durable Earthen Block : A Review ». In: *5th Annual Paper Meet and 2nd Civil Engineering Congress*, IEB, p. 150-155.

Paul, S., Islam, M. S., et Elahi, T. E. (2022b). « Comparative effectiveness of fibers in enhancing engineering properties of Earth as a building Material: A review ». *Construction and Building Materials*, Vol. 332 (2022), p. 127366. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127366

Rippon, J. A., et Evans, D. J. (2012). « Improving the properties of natural fibres by chemical treatments ». In: *Handbook of Natural Fibres*, Woodhead Publishing Limited. https://doi.org/10.1533/9780857095510.1.63

Segetin, M., Jayaraman, K., et Xu, X. (2007). "Harakeke reinforcement of soil-cement building materials: Manufacturability and properties". *Building and Environment*, Vol. 42(8), p. 3066 – 3079. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.033

Sujatha, E. R., et Selsia Devi, S. (2018). « Reinforced soil blocks: Viable option for low cost building units ». *Construction and Building Materials*, Vol. 189, p. 1124 – 1133. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.077

Thomas, B. S. (2018). "Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material – A comprehensive review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82 (March), p. 3913–3923. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.081

Turco, C., Paula Junior, A. C., Teixeira, E. R., et Mateus, R. (2021). « Optimisation of Compressed Earth Blocks (CEBs) using natural origin materials: A systematic literature review ». *Construction and Building Materials*, Vol. 309, p. 125140. https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.125140

Xia, Y., Liu, M., Zhao, Y., Guo, J., Chi, X., Du, J., Du, D., et Shi, D. (2023). « Hydration mechanism and environmental impacts of blended cements containing co-combustion ash of sewage sludge and rice husk: Compared with blended cements containing sewage sludge ash ». *Science of the Total Environment*, Vol. 864 (October 2022), p. 161116. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161116

Zare, P., Sheikhi Narani, S., Abbaspour, M., Fahimifar, A., Mir Mohammad Hosseini, S. M., et Zare, P. (2020). « Experimental investigation of non-stabilized and cement-stabilized rammed earth reinforcement by Waste Tire Textile Fibers (WTTFs) ». *Construction and Building Materials*, Vol. 260, p. 120432. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120432

AUTHORS' BIOGRAPHICAL NOTES

Islam Md. BULBUL is a MS student under the Civil and Geotechnical Engineering Division in the Department of Civil Engineering at Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET). His research interests encompass soil stabilization, soil bioengineering, and the innovative domain of Compressed Stabilized Earth Blocks (CSEB).

Paul SHANTANU is working as an Assistant Professor in the Department of Civil Engineering at BUET, holding a B.Sc. in Civil Engineering and M.Sc. in Civil Engineering (Geotechnical). With multiple publications in journals and international conferences, his research focuses on fiber-reinforced earth, MICP, and stabilization of earthen blocks.

Sakib Mirza Md. NAZMUS iis working as an Assistant Professor in the Department of Civil Engineering at BUET, holding a B.Sc. in Civil Engineering and M.Sc. in Civil Engineering (Geotechnical). His research focuses on soil stabilization, MICP, and stabilization of earthen blocks.

Islam Mohammad SHARIFUL is working as a Professor in the Department of Civil Engineering at BUET. With a PhD in Earthquake Engineering from Saitama University, Japan, and JSPS postdoctoral research experience, his expertise spans bioengineering, climate-resilient infrastructure, disaster-resilient housing, land reclamation, soil constitutive modeling, earthquake-resistant foundations, and liquefaction.

ARQUITECTURA DE TIERRA A PEQUEÑA Y GRAN ESCALA EN COLOMBIA: EXPERIENCIAS DE LA EMPRESA TIERRATEC.

Dario Ernesto ANGULO JARAMILLO, Arquitecto, gerente de la empresa tierraTEC, Miembro CRAterre
(darioangulo@tierratec.com)

RESUMEN

Durante más de 37 años, la empresa tierraTEC ha trabajado en arquitectura de tierra en Colombia y en diversas partes del mundo, abarcando áreas como diseño, construcción, producción, experimentación, sensibilización y formación. Esta experiencia ha permitido a tierraTEC liderar en Colombia y en otras regiones de Sudamérica, el Caribe y otros continentes. Con más de 3.000 personas formadas, más de 50,000 m² diseñados y más de 200,000 m² construidos, y la producción de más de 8,000,000 de bloques de tierra comprimidos (BTC), tierraTEC se presenta como una entidad sólida y vanguardista con gran proyección para enfrentar los desafíos futuros.

Actualmente, el BTC, junto con otras técnicas de arquitectura de tierra, está ganando terreno a pequeña y gran escala, abriendo espacios y caminos donde antes se desconocía o no se consideraba posible utilizar este material. Este progreso ha sido gradual, lleno de obstáculos que se han superado, permitiendo un crecimiento acelerado. Los materiales y tecnologías de tierra representan el futuro de la construcción, y su adopción aumentará a medida que se divulguen adecuadamente. Las características positivas de estos materiales, como su capacidad térmica, acústica, ecológica, económica y su resistencia, además de ser un regulador de humedad, los hacen únicos y adaptables a diversas necesidades regionales, nacionales y mundiales. La variedad, cantidad y calidad de los proyectos en BTC y otras técnicas, tanto en condominios como en casas particulares y proyectos públicos e institucionales, posicionan este tipo de arquitectura como una de las más visibles y relevantes a nivel regional, nacional y mundial.

INTRODUCTION. LA PERTINENCIA DEL DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DE TIERRA:

Desde el siglo XIX y a lo largo de los siglos XX y XXI, en el ámbito del diseño y la construcción en Colombia, se han destacado varios insumos, entre ellos el concreto, el ladrillo cocido y el bloque de cemento. Estos materiales han tenido un impacto significativo en el medio ambiente y las fuentes de agua del país, generando polución y mala calidad del aire. Debido a su color, forma y método de instalación, estos materiales han llegado a formar parte del paisaje y han dominado la tipología de las obras.

Sin embargo, los profesionales del gremio, cansados de los mismos elementos y en busca de una opción ecológica, han comenzado a adoptar un material que, aunque no es nuevo, ha demostrado su valía durante más de 12.000 años: la tierra. Este material ha ganado terreno gracias a su capacidad para ofrecer soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente. La perseverancia y el esfuerzo han permitido que la tierra se posicione como una alternativa viable, duradera y sostenible en la industria de la construcción, ofreciendo un mejor confort interior para proyectos de diversas escalas y estratos sociales.

La arquitectura de tierra no solo contribuye a la reducción de la huella de carbono, sino que también mejora la eficiencia energética de los edificios. Los materiales de tierra, como los bloques de tierra comprimida (BTC), poseen propiedades únicas que regulan la temperatura y la humedad, proporcionando un ambiente interior saludable y confortable. Además, la producción y el uso de BTC y otras técnicas de construcción con tierra fomentan el empleo local y el desarrollo de habilidades en las comunidades, promoviendo un crecimiento económico sostenible.

En conclusión, la arquitectura de tierra representa una respuesta innovadora y responsable a los desafíos ambientales y sociales del presente y el futuro. Su adopción creciente en Colombia y en todo el mundo refleja un cambio positivo hacia prácticas de construcción más conscientes y respetuosas con el planeta.

1. CRATERRE – CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA: PILAR DEL DISCURSO DE EXCELENCIA Y DE ALTA CREDIBILIDAD CON NORMATIVIDAD Y SEGURIDAD

1.1.CRATERRE: EJE DEL DISCURSO COMO SOPORTE DE CREDIBILIDAD EN FORMACIONES Y CLIENTES.

Un factor diferenciador permanente que ha facilitado el proceso de evolución positiva y la aceptación de nuevos insumos en la industria de la construcción es la base sólida y la fuerza que han proporcionado las enseñanzas y formaciones del CRAterre, un centro de investigación y construcción con tierra ubicado en Grenoble, Francia. Este centro ha sido fundamental en la aceptación de estos materiales debido a su enfoque científico riguroso y su vasta experiencia global.

El respaldo científico y la credibilidad del CRAterre han sido esenciales para generar confianza entre los clientes y usuarios. Este centro posee una trayectoria indiscutible y una experiencia amplia en todos los continentes, con numerosos ejemplos y referencias exitosas. Además, su literatura, bibliografía y metodologías innovadoras y organizadas han contribuido significativamente a este proceso. La excelencia académica del CRAterre, sin rival en su campo, ha sido un pilar en nuestras estrategias de acercamiento a clientes, proyectos y promociones.

La alianza estratégica con CRAterre ha sido incorporada en todos nuestros materiales promocionales, folletos y certificaciones de formación, destacando la creación, desarrollo y éxito mundial de esta institución a lo largo de más de 45 años. Esta asociación ha generado una tranquilidad y seguridad adicionales en nuestros clientes, garantizando la excelencia en nuestros productos, diseños, construcciones y formaciones. El respaldo del CRAterre ha permitido una adopción más rápida y extensa de las técnicas de construcción con tierra en Colombia, incrementando nuestra visibilidad, valoración y credibilidad.

Figura 1. Parque Entre Nubes – Alcaldía de Bogotá – Cundinamarca.
© Arq. Darío Angulo.

1.2. LAS NORMAS: SOPORTE CIENTÍFICO Y TÉCNICO PARA PRODUCIR UN INSUMO DE CXALIDAD Y DAR MÁS TRANQUILIDAD Y SEGURIDAD A LOS CLIENTES Y EN LAS CONSTRUCCIONES.

El apoyo del CRAterre en la adaptación de la norma AFNOR XP - 113 para Colombia ha sido crucial. Esta normativa, traducida y adaptada, se ha convertido en la norma ICONTEC Colombiana N. 5324, proporcionando una base sólida y tranquilizadora para la estabilidad de las obras. En tierraTEC, aplicamos esta norma en toda nuestra producción, asegurando que los bloques de tierra comprimida (BTC) cumplan con los parámetros normativos. Realizamos ensayos aleatorios periódicos de acuerdo con las leyes y normas correspondientes, y compartimos los resultados de laboratorio con nuestros clientes, lo que refuerza la confianza en la calidad y seguridad de nuestros productos.

La adopción de la norma ICONTEC 5324 ha sido un detonante para la consolidación de múltiples proyectos, incluyendo condominios y la construcción de casas en serie. También ha facilitado la integración del BTC en proyectos institucionales y públicos (Fig.1), eliminando la necesidad de procedimientos de permiso adicionales y permitiendo una implementación rápida y eficiente en municipios, alcaldías y gobernaciones en todo el país. Esta normativa ha abierto una nueva era para los materiales de construcción en tierra, posicionando al BTC como una opción viable y deseable en la construcción pública y privada.

En resumen, el apoyo de CRAterre ha sido indispensable para el crecimiento y la consolidación de tierraTEC como líder en la construcción con tierra en Colombia. Su influencia ha sido decisiva para establecer estándares de excelencia, credibilidad y sostenibilidad en la industria, posicionando a los materiales de tierra como una opción viable y respetada en el ámbito de la construcción.

2. INICIO DE LA COMPRA E IMPORTACION DE LA PRIMERA MAQUINA MANUAL PARA PRODUCCION DEL BTC – BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDO :

Después de especializarse en arquitectura de tierra en CRAterre – Grenoble, surgió un fuerte deseo de aplicar estos conocimientos para mejorar la calidad de la vivienda en Colombia. Sin embargo, el inicio fue difícil, ya que en el ámbito de la construcción en Colombia, el material de tierra seguía siendo menospreciado, desconocido y ampliamente ignorado. La percepción común era que el material era sucio, feo, pobre y rudimentario, a pesar de ser un material limpio, estético, rico e inteligente.

2.1. INICIO DE LA PRIMERA UNIDAD: IMPORTACION DE MAQUINARIA BELGA.

Con gran esfuerzo, se realizó la primera importación de la máquina belga Terstaram, de la firma Approtechno, dirigida actualmente por Sebastien Depputer. Esta máquina había sido utilizada en múltiples proyectos en colaboración con CRAterre, incluyendo contratos de formación, montaje de unidades de producción, producción de BTC y construcción en diferentes países como Mayotte, donde se llevó a cabo un proyecto piloto desde 1981 en alianza con la Sociedad Inmobiliaria de Mayotte (SIM), así como en Senegal, India, Camerún, Alemania, Guayana Francesa, Martinica, Guadalupe, entre otros.

La máquina Terstaram ha demostrado ser de gran valor debido a su facilidad de manejo, la posibilidad de formación y una significativa capacidad de producción manual. Además, su fácil traslado la hace ideal para diversos proyectos. Por estas razones, se eligió esta máquina para la importación inicial. Con el tiempo, se importaron tres máquinas adicionales que actualmente operan en nuestras dos unidades de producción.

2.2 IMPORTANCIA DE LA EXCELENCIA EN LA MAQUINARIA COMO GARANTIA DE RESIUSTEMCIA Y CALIDAD.

La alta calidad de la máquina Terstaram permite montar una unidad de producción eficiente, iniciar la producción y mantener un stock variado de productos gracias a sus diferentes moldes. Sus excelentes características mecánicas permiten producir bloques confiables que cumplen con las normas nacionales, lo que constituye prácticamente un sistema constructivo completo.

Esta primera importación marcó el comienzo de un proceso que no solo mejoraría la percepción de los materiales de tierra en Colombia, sino que también establecería un estándar de calidad y eficiencia en la producción de bloques de tierra comprimida. Este esfuerzo inicial fue crucial para demostrar las ventajas y la viabilidad de la construcción con tierra, impulsando su aceptación y uso en el sector de la construcción en Colombia.

El proceso de importación de la primera máquina Terstaram no solo implicó superar barreras logísticas y financieras, sino también enfrentar la resistencia y escepticismo del mercado local. La introducción de esta tecnología requirió una estrategia integral que incluyó la sensibilización de la comunidad, la formación técnica de operarios y la demostración de las capacidades del BTC en proyectos piloto.

El éxito de estos proyectos iniciales, respaldado por la calidad y versatilidad de la máquina Terstaram, fue esencial para cambiar la percepción del BTC. Los bloques producidos demostraron ser estéticamente agradables, duraderos y sostenibles, desafiando las ideas preconcebidas sobre los materiales de construcción con tierra.

2.3. CAPACIDAD DE PRODUCCION Y ADAPTABILIDAD A LOS CICLOS VARIABLES DEL MERCADO COLOMBIANO.

Además, la importación de las máquinas Terstaram permitió a tierraTEC establecer una capacidad de producción local que fue fundamental para el crecimiento de la empresa y la expansión del uso del BTC en Colombia. La capacidad de producir bloques de alta calidad de manera consistente y eficiente creó una base sólida para la aceptación y adopción generalizada de esta tecnología en el mercado de la construcción.

Hoy en día, las unidades de producción de tierraTEC no solo abastecen el mercado local, sino que también sirven como centros de formación y demostración, educando a una nueva generación de constructores y arquitectos sobre los beneficios y técnicas de la construcción con tierra. Este compromiso continuo con la innovación y la calidad asegura que la arquitectura de tierra siga siendo una opción viable y atractiva para una construcción sostenible y responsable en el futuro.

3. INICIO TÍMIDO POR DESCONOCIMIENTO Y GRADUAL DIVULGACIÓN: CRECIMIENTO EN VOLUMEN DE PRODUCCIÓN Y PROMOCIÓN A TRAVÉS DE EJEMPLOS REALES, ACTUALES Y EXITOSOS

Con el conocimiento adquirido, la metodología, la sabiduría y las herramientas pedagógicas proporcionadas por el CRAterre, además de la máquina Terstaram, se estaba preparado para comenzar. Poco a poco, a lo largo de los años y con perseverancia, pasión y convicción, se inició la promoción y la instalación del BTC en pequeños proyectos. Inicialmente, se utilizó en elementos constructivos como chimeneas, columnas y secciones de muros, incluso con algunos clientes todavía escépticos acerca de las bondades del material.

3.1. VISIBILIDAD Y VALORIZACION DEL BTC PERMITIENDO MAYOR ACEPTABILIDAD Y UTILIZACION.

Sin embargo, una vez instalado el producto, estos elementos constructivos comenzaron a demostrar las nuevas posibilidades que este material aportaba al mercado de la construcción. Gracias a su economía, eficacia, sencillez, atributos ecológicos y de seguridad, estos elementos se convirtieron en testigos silenciosos pero efectivos de las ventajas del BTC, ayudando a su difusión, valorización y visibilidad. Así, promotores, diseñadores y constructores comenzaron a superar la ignorancia inicial y a aplicarlo en secciones más grandes de muros y en casas completas.

Las casas individuales, a su vez, se convirtieron en exhibiciones del material, acelerando su aceptación. Promotores inmobiliarios de condominios de varias casas, como Tejar del Río en Chía, Cundinamarca, con 118 viviendas de prestigio (Fig.2),; BM Constructora con 50 casas en Cota, Cundinamarca; Arborada de San José con 34 casas de alto standing; y Zipaquirá, Cundinamarca, con 150 unidades de estrato alto, comenzaron a adoptar el BTC. Otros ejemplos incluyen La Arborada de Cota con 185 viviendas de lujo (Fig.3), La Pradera de Potosí en La Calera, Cundinamarca, con 250 viviendas, y Mesa de Yeguas con casas de 500 a 800 m² (Fig.4), uno de los condominios más prestigiosos del país.

Además, restaurantes y hoteles prestigiosos como Gitana del Mar (Fig.5), Arboretto con 118 casas, One Love en Palomino, La Guajira, Restaurante Shamúa, Restaurante Techo, y Restaurante Diga su Merced en Ventaquemada, Boyacá, han contribuido a valorizar exponencialmente el material. Estas construcciones no solo presentan el BTC como una opción estética, con los colores ocres y naturales de la tierra, sino que también destacan sus características ecológicas, aportando a la mitigación del efecto invernadero y la reducción de CO2, ofreciendo soluciones más económicas, estéticas y confortables.

3.2. ADAPTABILIDAD Y FLEXIBILIDA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION DE BTC.

La gradual adopción del BTC también ha sido impulsada por su capacidad de adaptación a diferentes estilos arquitectónicos y condiciones climáticas. Arquitectos y diseñadores contemporáneos, han encontrado en el BTC un material versátil que permite una amplia variedad de acabados y aplicaciones, desde estructuras modernas y minimalistas hasta construcciones más tradicionales y rústicas. Esta flexibilidad ha permitido que el BTC se integre armoniosamente en diversos contextos, aumentando su aceptación y demanda.

La promoción del BTC se ha visto fortalecida por la creación de alianzas estratégicas con instituciones educativas y organizaciones gubernamentales. Programas de formación y talleres dirigidos a estudiantes de arquitectura, ingenieros y profesionales de la construcción han sido fundamentales para difundir el conocimiento sobre las técnicas y beneficios de la construcción con tierra. Estas iniciativas han generado un cambio cultural y profesional, fomentando una mayor apertura y curiosidad hacia los materiales sostenibles.

El impacto positivo del BTC en la sostenibilidad ambiental ha sido un factor clave en su creciente popularidad. Estudios y evaluaciones de ciclo de vida han demostrado que el BTC contribuye significativamente a la reducción de la huella de carbono de los edificios. Este enfoque ecológico ha resonado con consumidores cada vez más conscientes del impacto ambiental de sus decisiones de construcción, lo que ha acelerado la adopción de técnicas de construcción más verdes y sostenibles.

4. UN DISCURSO DE ALTA CALIDAD CON SENSIBILIZACION Y FORMACION

Considerando la profunda formación de excelencia en el centro de investigación CRAterre, junto con la experiencia adquirida a lo largo de casi seis años en Francia y actualmente en Egipto, Martinica, República Dominicana y Guayana Francesa, hemos desarrollado un sólido pilar en Colombia basado en la divulgación y la sensibilización. La formación ha sido esencial para nosotros, permitiéndonos divulgar y democratizar el conocimiento. Anualmente, nos esforzamos por realizar la mayor cantidad posible de formaciones, las cuales creamos, promovemos y ejecutamos dentro de nuestras unidades de producción, aprovechando la infraestructura y logística disponibles, como diversas tierras, máquinas y el material pedagógico necesario. Entre estos recursos se incluye la maleta pedagógica diseñada y producida por CRAterre, que se ha convertido en una herramienta invaluable para la enseñanza y la formación.

4.1. CATEDRA UNESCO ARQUITECTURA DE TIERRA CULTURAS CONSTRUCTIVAS Y DESARROLLO SOSTENIBLE: COMO FACTOR DE SERIEDAD, CREDIBILIDAD Y GARANTÍA.

Los alumnos, que son generalmente muy diversos e incluyen a niños, aprenden sobre los componentes de las tierras, su identificación, universalidad, características y diversas aplicaciones, así como sus ventajas, desventajas y comportamientos. Al finalizar, obtienen una certificación que, en asociación con CRAterre y tierraTEC, está inscrita en la cátedra UNESCO/ UNITWIN de culturas constructivas y desarrollo sostenible. Esto les otorga no solo conocimiento de alta calidad, sino también la autoestima e importancia que conlleva un certificado.

De esta manera, hemos intervenido en la formación, sensibilización y certificación de comunidades étnicas, privados, ingenieros, promotores y arquitectos, así como de tribus, etnias y colonos campesinos. Hemos llegado incluso al desarrollo profundo y concreto del proceso de paz en Colombia, formando,

Figura 2. Conjunto Tejar del Rio 118 casas – Chía – Cundinamarca. Figura 3. Arborada de Cota – 184 casas – Cota – Cundinamarca.
© Arq. Darío Angulo.

Figura 4. Conjunto Mesa de Yeguas 350 casas – Anapoima – Cundinamarca. Figura5. Hotel Gitana del Mar – Buritaca Magdalena.
© Arq. Darío Angulo. © Arq. Juana Rincón.

sensibilizando y estableciendo unidades de producción en BTC, y construyendo para la guerrilla desmovilizada comprometida con este significativo proceso de paz, el cual ha sido un ejemplo a nivel mundial.

4.2 COMPROMISO DE SENSIBILIZAR, FORMAR Y DIFUNDIR RESPONSABLEMENTE.

Nuestra labor de sensibilización también incluye la organización de talleres, conferencias y seminarios en diferentes regiones del país. Estos eventos no solo sirven para educar a los participantes sobre las ventajas del BTC y otros materiales de construcción con tierra, sino que también crean una plataforma para el intercambio de ideas y experiencias. A través de estas actividades, hemos podido construir una red de profesionales y entusiastas comprometidos con la promoción de la arquitectura de tierra en Colombia y más allá.

5. LA MULTIPLICACIÓN EN CANTIDAD Y EN VELOCIDAD DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la visibilización y la valorización del BTC, junto con la producción de la unidad en Bogotá, con una trayectoria de más de 30 años, ha despertado un gran interés entre promotores, ingenieros, arquitectos y constructores. La incidencia negativa del transporte en los costos ha acelerado nuestra decisión de establecer otra unidad de producción. Con determinación y convicción, reconocimos la importancia de implantar una nueva unidad para iniciar la producción de BTC y expandirnos en la zona del Caribe.

5.1 INICIO DE MULTIPLICAR LAS UNIDADES DE PRODUCCION EN BTC.

Hace más de 7 años, en Santa Marta, Colombia, dimos inicio a este proceso adquiriendo una máquina manual nacional. Desde entonces, la producción ha experimentado un crecimiento constante, al igual que la divulgación y el conocimiento de este nuevo producto en el Caribe colombiano. Este ha sido percibido como un insumo innovador y refrescante, especialmente relevante por su función térmica, considerando las altas temperaturas de la región.

Figura 6. Hacienda Pozo Chico – El Rosal - Cundinamarca – Cundinamarca.
© Arq. Darío Angulo.

Figura 7. Escuela Wayuu Walurumana – Uribia Guajira.
© Arq. Juan Salamanca.

Figura 8. Escuela Wayuu Walurumana – Uribia – Guajira.
© Arq. Juan Salamanca.

Es notable destacar que la mayoría de los proyectos resultantes han sido muy visibles y prestigiosos (Fig. 6), habiendo sido galardonados incluso con premios nacionales. Un ejemplo representativo es el proyecto etnocultural "Walirumana" en La Guajira, ganador de la Bienal de Arquitectura en Colombia de 2022, el cual ha recibido reconocimiento a nivel internacional (Fig. 7, 8).

Con dos unidades de producción consolidadas y prestigiosas, respaldadas por una vasta experiencia, hemos logrado adaptar nuestra producción de manera creciente y flexible, ajustándola a los ciclos del mercado en ciertos nichos. Específicamente, nuestras unidades manuales han contribuido significativamente a la generación de empleos estables y al progreso de las familias que trabajan en ellas. Este proceso ha generado un producto respetuoso con el medio ambiente, conforme a las normativas y que proporciona mayor confort y bienestar en los espacios construidos.

La mayoría de los proyectos mencionados son ejemplos valiosos de la arquitectura de tierra y muchos de ellos han sido destacados en publicaciones y exposiciones internacionales, como "Habitar la Tierra", el "Terra Award 2016" y el "Fibra/Tierra Award 2021", así como en la Bienal de Arquitectura en Colombia de 2022.

5.2 PERSPECTIVAS DE ACELERAR EL MONTAJE DE OTRAS UNIDADES DE BTC, QUE TENGAN UN RADIO DE ACCION MÁS REGIONAL.

En la actualidad, estamos considerando la posibilidad de establecer una tercera unidad de producción de BTC en Barranquilla, la tercera ciudad más grande del país, con un mercado en expansión en la región Caribe y hacia Cartagena. Asimismo, estamos evaluando la viabilidad de instalar una unidad cuarta en la zona de Antioquia y eventualmente una quinta en la región Oriental del país.

CONCLUSIONES

La utilización de la tierra como material de construcción ha emergido como una práctica que enriquece significativamente los diseños arquitectónicos y las edificaciones, subrayando su papel crucial en la promoción de la vivienda ecológica, la reducción de emisiones de CO_2 y el fomento de una economía sostenible. Este enfoque no solo busca alcanzar resultados estéticos y confortables, sino también promover el bienestar y la felicidad entre individuos, comunidades y familias en general. La empresa tierraTEC continúa liderando esta transformación, expandiendo sus operaciones y promoviendo la arquitectura de tierra como una opción viable y deseable en Colombia y en el mundo.

Colombia ha sido testigo del desarrollo continuo de proyectos diversos basados en la arquitectura de tierra a lo largo de más de tres décadas. Desde proyectos iniciales centrados en com-

Figura 9. Conjunto Arboretto - 150 casas – La Calera – Cundinamarca.
© Arias Serna Saravia .

posiciones arquitectónicas hasta la implementación exitosa en proyectos de mayor escala como el Edificio Bello Horizonte (Fig. 10) y complejos residenciales completos (Fig. 9), la adaptabilidad del material ha sido evidente.

A medida que proyectos institucionales y públicos adoptan cada vez más la arquitectura de tierra, se observa una tendencia hacia la expansión y la optimización de su uso por parte de diseñadores, promotores, ingenieros y arquitectos. Este crecimiento gradual refleja un enfoque consciente hacia la sostenibilidad y la adecuación ambiental en todos los ámbitos de construcción, incluyendo entornos urbanos, periurbanos y rurales, donde comunidades locales encuentran en el BTC una solución accesible y adaptable para mejorar la calidad de vida.

La integración de la arquitectura de tierra y el BTC en el panorama constructivo de Colombia no solo refresca la industria, sino que también promete convertirse en una industria local resiliente y adaptable. Su potencial para ser una fuente inagotable de innovación económica y ecológica se ve respaldado por el reconocimiento creciente de sus valores intrínsecos en toda la sociedad.

Colombia se posiciona como líder regional en la producción y aplicación del BTC, gracias a una experiencia acumulada y a la visión de mantener estándares de construcción que favorezcan la salud ambiental y el bienestar de los habitantes. El surgimiento esperado de unidades de producción regionales demuestra un compromiso continuo con la sustentabilidad local, garantizando que cada proyecto aproveche eficazmente los recursos disponibles y contribuya positivamente al entorno circundante.

Figura 10. Edificio Bello Horizonte - Bogotá – Cundinamarca.
© Arq. Darío Angulo.

La experiencia de más de 37 años de tierraTEC en la arquitectura de tierra ha demostrado la viabilidad y las ventajas de este enfoque constructivo en Colombia y en otras partes del mundo. La empresa ha liderado proyectos innovadores y sostenibles, promoviendo el uso del Bloque de Tierra Comprimida (BTC) y otras técnicas de construcción con tierra a través de un enfoque integral que abarca diseño, producción, experimentación, sensibilización y formación.

El respaldo científico y la colaboración con el centro de investigación CRAterre han sido fundamentales para establecer estándares de excelencia y credibilidad en el uso de materiales de tierra. La adaptación de normativas internacionales a contextos locales ha permitido la consolidación de proyectos significativos y la rápida aceptación de estas técnicas en el mercado colombiano.

BIBLIOGRAFÍA

Centre Georges Pompidou. (1981 y 1986). *Architecture de terre*. Paris : Centre Georges Pompidou.

Dethier, Jean. (2019). *Habiter la terre, L'art de bâtir en terre crue.* Paris : Flammarion.

Gauzin-Müller, Dominique. (2016). *Architecture en terre aujourd'hui*. Paris : Eyrolles.

Gauzin-Müller, Dominique y Aurelie Vissac. (2021). *TerraFibra architectures*. Pavillon de l'Arsenal.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2004). Norma ICONTEC 5324. Bogotá : ICONTEC, pp. 1 - 40.

Afnor Édition. (2001). *Blocs de terre comprimée pour murs et cloisons : definitions, specifications, methodes d'essais, conditions de reception, Norme XP P13-901*. pp. 1-40.

Salamanca Balen, Juan. (2022). "Proyecto Arquitectónico: premio fernando martinez sanabria, cento etno educacional walirumana / salba". En *28 Bienal Colombiana de Arquitectura y Urbanismo*.

NOTA BIOGRÁFICA DEL AUTOR

Dario Ernesto ANGULO JARAMILLO. Arquitecto Colombiano de la Universidad Piloto de Colombia – Bogota, especializado en arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible en la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble - Francia y el laboratorio de investigación CRAterre. Encargado de mision, consultor y asesor CRAterre y tierraTEC en varios paises de 5 continentes. Miembro institucional y asociado a CRAterre – Centro de investigacion y de la construccion con tierra, por mas de 35 años. Creador y Gerente de la empresa tierraTEC en Colombia desde hace mas de 30 años. Profesor en la Universidad de los Andes en Colombia y de otras universidades en otros paises por mas de 30 años.

LA PRÉFABRICATION DU PISÉ : VECTEUR DE MASSIFICATION DANS LA CONSTRUCTION DE MURS MONOLITHIQUES EN TERRE CRUE EN FRANCE ?

Martin POINTET, architecte DPLG, maître de conférences ENSA Grenoble, chercheur dans l'unité de recherche AE&CC équipe CRAterre, fondateur du bureau d'étude BETerre (pointet.m@grenoble.archi.fr)
Andreas KREWET, ingénieur génie civil, DSA Terre, bureau d'étude Terre Energie Conseil, Cabestan, membre du CA d'AsTerre, fondateur d'AKterre (andreas.krewet@gmail.com)
Bastien NEUFEIND, licence génie civil, co-fondateur de l'entreprise Terrio (bastien.neufeind@gmail.com)
Julien NOURDIN, architecte DE, doctorant à l'UGA, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, unité de recherche AE&CC, équipe CRAterre. (nourdin.j@grenoble.archi.fr)

RÉSUMÉ

En France, la construction en terre crue a connu un nouveau développement depuis le début du millénaire. Dans ce contexte, le pisé se positionne comme une technique prépondérante à la filière. Son utilisation s'intensifie tant du point de vue du nombre de projets édifiés que du point de vue de leurs envergures et de leurs ambitions. Avec ces volumes importants de pisé mis en œuvre, différentes difficultés apparaissent : coût élevé, temps de mise en œuvre important, séchage contraignant, études et justificatifs supplémentaires, etc., freinant ainsi son développement. Aussi, de nombreux ouvrages, des recherches et innovations technologiques portées aussi bien par des artisans, des entreprises que des universitaires sont effectués sur cette technique afin d'en faciliter l'utilisation et la justification. L'utilisation de blocs de pisé préfabriqués (BPP) fait partie de ces développements. Dans cet article, nous nous appuierons sur un corpus de 29 projets réalisés en BPP en France, entre 1988 et 2024. Cela permettra de décrire différentes catégories et stratégies de préfabrication, de la production à la pose. À l'aide de critères d'analyses, nous décrirons les freins et leviers de ces différentes stratégies de productions. Nous tenterons de répondre à la question suivante : en quoi et comment la production de BPP permettrait de massifier l'utilisation de la technique du pisé et les constructions de murs monolithiques en terre crue en France dès à présent ?

INTRODUCTION

Depuis les années 1980, la construction de murs monolithiques en pisé est de nouveau employée en France, des initiatives et innovations technologiques sont mises au point par des artisans, des entrepreneurs, des laboratoires de recherches et quelques majors de la construction afin d'optimiser la mise en œuvre de cette technique. Parmi celles-ci, il nous semble que la production de blocs de pisé préfabriqué (BPP) permettrait d'accompagner un changement d'échelle dans la construction de murs monolithique en terre crue. Afin d'observer et d'analyser ces différentes stratégies de production et construction, nous nous appuierons sur un corpus de 29 projets réalisés en France, entre 1988 et 2024, avec des éléments en pisé préfabriqué. Notre hypothèse est que le développement des différentes filières et logiques de production de BPP (en atelier, sur site, artisanale ou semi-industrielle, voir industrielle), viendrait compléter, renforcer et diversifier les différentes stratégies de production de murs monolithiques en terre crue, permettant la massification de l'utilisation de pisé en France.

1. CONTEXTE

1.1. DE PLUS EN PLUS DE TERRE ET DE PISÉ DANS LA CONSTRUCTION

En France, après un premier développement dans les années 1980 et la création du laboratoire CRAterre (Houben, Guillaud, 1989), la filière connait un nouveau développement depuis le début du millénaire (Leylavergne, 2012), avec une augmentation importante des commandes (publiques et privées). En effet, depuis les années 2000, on peut ainsi observer un nombre croissant de producteurs et distributeurs de matériaux prêts à l'emploi en terre crue (AKterre, Dewulf, Argilus, Alliance 4, Cycle Terre, etc.). Les tentatives d'organisation des différentes filières (AsTerre, CRAterre, Confédération de la terre crue, associations régionales…) favorisent des réponses de plus en plus coordonnées, face aux pouvoirs publics et aux financeurs. La rédaction et publication d'ouvrages techniques (Moriset, Joffroy, 2018) et les guides de bonnes pratiques (Ouvrage collectif, 2018) sont des premiers pas vers la rédaction de règles professionnelles. Le développement de formations initiales et continues pour artisans, ingénieurs, architectes devient notoire. Enfin, depuis quelques années, on voit des entreprises du secteur de la construction conventionnelle entrer sur le marché de la construction en terre crue. Dans ce renouveau, la technique du pisé prend une part importante (Antoine, Carnevale, 2016), en effet, sa matérialité et son caractère écologique attirent de nombreux maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage (Gauzin-Muller, 2017). Il est à noter qu'avec ces volumes importants de terre à pisé mis en œuvre, apparaissent différentes difficultés liées aussi bien à la technique de mise en œuvre qu'aux caractéristiques intrinsèques du matériau (Bui, Morel, 2007). Le temps de séchage lent, dépendant de la météo, et impliquant une saisonnalité dans la production entraîne des complications dans l'organisation des plannings de chantier et la gestion des interfaces avec les autres corps d'état. La sensibilité du pisé à l'eau (Moevus et al., 2013) provoque des pathologies aussi bien en phase chantier que sur les premières années de vie d'un bâtiment (Pointet, 2024). La production artisanale et le temps de mise en œuvre du pisé relativement lent (entre 1 à 2 m^2 par jour et par artisan) entraînent un coût de production élevé. Enfin les études et justificatifs supplémentaires, mais aussi des essais et contrôles spécifiques à une technique non courante engendrent des temps et coûts de conception/réalisation supérieurs aux techniques courantes.

1.2. DES RÉPONSES HISTORIQUES

De nombreux ouvrages techniques (CRAterre, 2020), mais aussi recherches technologiques (Kappfinger, 2001) et universitaires (Champrié, 2017) sont effectués sur la technique du pisé afin d'en faciliter l'utilisation et la justification. Les expérimentations sur les BPP font partie de ces recherches et développements. On trouve les premières tentatives de préfabrication avec l'architecte François Cointeraux : dans son ouvrage L'école d'Architecture Rurale (Cointeraux, 1796), il décrit une ligne de production de préfabrication de parpaing de pisé (Fig. 1), appelé « nouveau pisé » pour réaliser les murs pignon ou les parties hautes des constructions, plus difficiles d'accès et plus compliquées pour l'installation des coffrages.

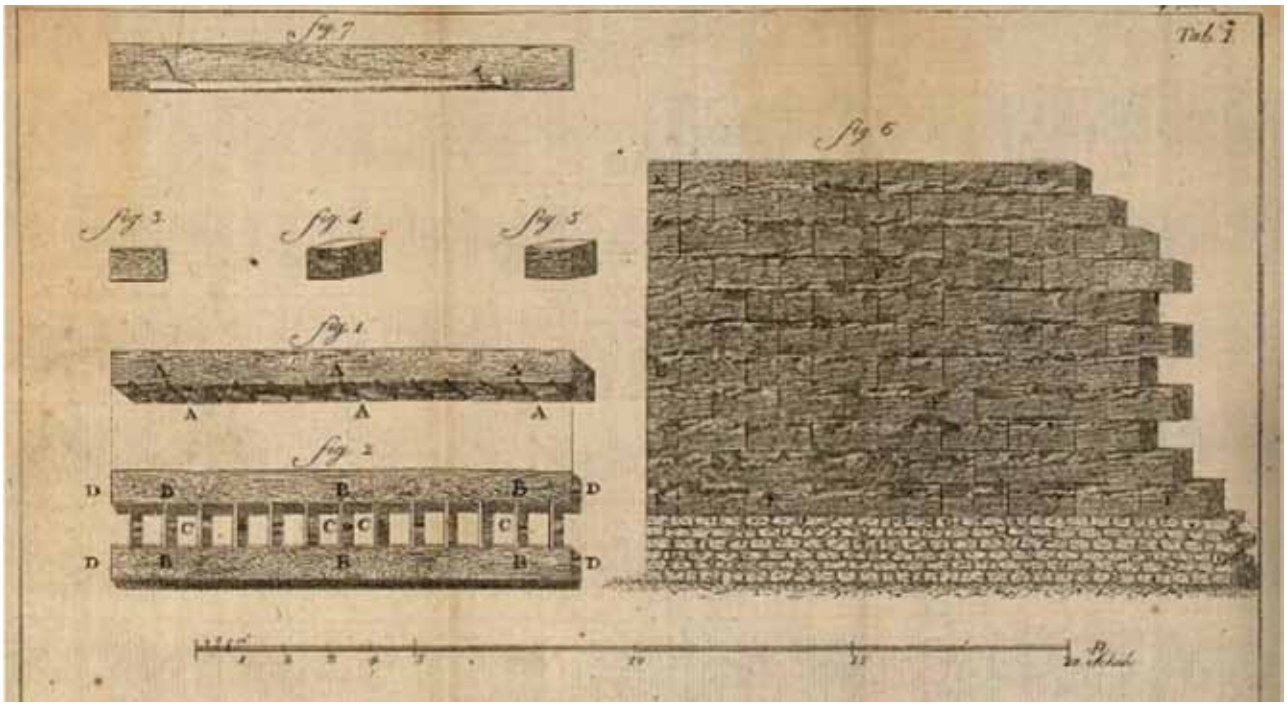


Figure 1. Production de blocs de pisé préfabriqué.
Source : Cointeraux F, École d'Architecture Rurale, premier cahier, 1796.

Plus récemment des artisans ont cherché à développer à nouveau cette approche, c'est le cas de Martin Rauch à partir de 1996 (Sauer, Kappfinger, 2015) en Autriche. Avant lui, Nicolas Meunier, dès 1988 (Meunier, 1988) va développer en France un système de préfabrication foraine, avec une pose à frais des BPP. Dans les années 2000, l'entreprise AKTerre (production de matériaux prêts à l'emploi et construction en terre crue) entame un travail de recherche et développement sur le pisé préfabriqué dans l'idée de développer une ligne de production en atelier. Par la suite, les entreprises Les Frères Bons et Caracol (Fig. 2) réalisent quelques chantiers en pisé préfabriqué (en atelier et sur site). Souvent contraintes par des plannings de marché public inadaptés aux spécificités du pisé, les entreprises réaliseront plusieurs projets avec des tailles de blocs préfabriqués allant de 70x30x30cm à 250x250x50cm. En 2020, la coopérative Cabestan, les bureaux d'étude BETerre et Terre Energie Conseils, ainsi qu'avec un artisan piseur, accompagne Eiffage dans la production de 800 m² de BPP pour une école en région parisienne, avec une taille de bloc moyenne de 120x70x30cm. Aujourd'hui, l'entreprise Terrio s'est approprié cette technologie et la développe sur divers types de projets (Fig. 3).

En parallèle, d'autres acteurs travaillant sur des techniques de construction en terre crue sont tentés par la préfabrication. Des expérimentations ont été réalisées sur la technique de la bauge avec la construction d'un immeuble de logement (projet Salvatierra) en bauge préfabriquée en 2001 à Rennes et les projets Cobbauge et Ecomaterre développent des systèmes de bauge préfabriquée (bauge système) dans une logique de gain de temps sur la phase chantier et les temps de séchage. Dans le projet de la Médiathèque Jean Quarré à Paris, conçu par l'atelier Philippe Madec, on retrouve des murs préfabriqués en terre coulée produits par l'entreprise alsacienne Fehr Group.

2. ÉTUDES DE CAS

2.1. MÉTHODE

Pour cet article nous prendrons comme corpus d'analyse les principaux chantiers réalisés avec des BPP, en France, entre 1988 et 2024. La date de 1988 correspond à la première réalisation connue utilisant des éléments en pisé préfabriqué en France. En 2024, nous comptabilisons les chantiers réceptionnés et en cours. La liste des 29 chantiers inventoriés est issue des travaux de recherche de Julien Nourdin et Martin Pointet.

Figure 2. Levage d'un mur en pisé préfabriqué lors de la construction d'un centre de santé à Badonvillier.
Source : Mathieu Fucks, 2011.

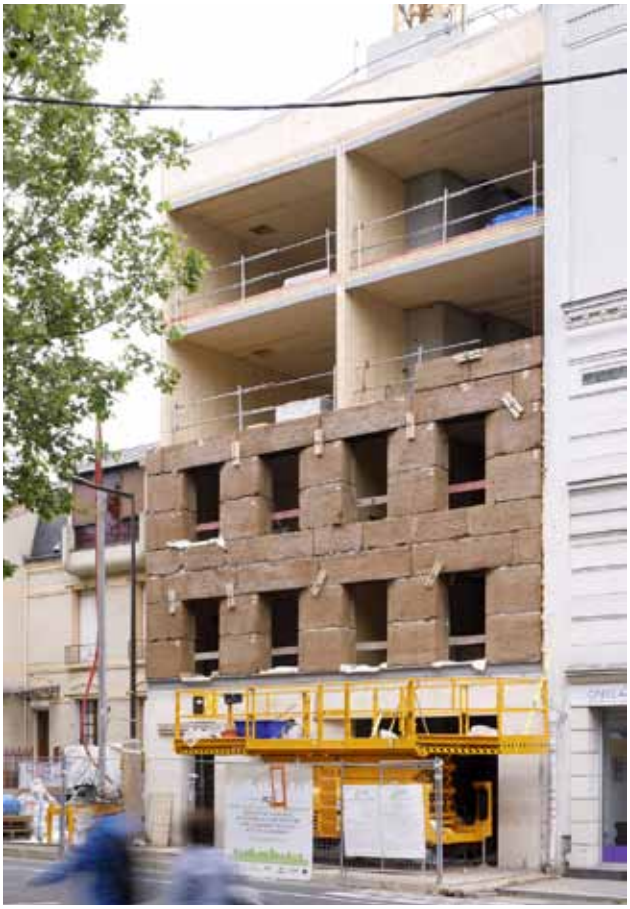


Figure 3. Construction d'une façade en pisé à Boulogne en 2023, Déchelette Architecte.
Source : site internet de Terrio.

2.2. GRILLE D'ANALYSE

La grille d'analyse est décomposée en 15 critères décrits le plus simplement possible afin de pouvoir tirer des analyses comparatives croisées et d'avoir un état des lieux des différentes stratégies mises en place pour produire et poser les BPP. Ces critères ont donc été choisis afin de pouvoir décrire l'opération, de la production à la pose des blocs. L'ensemble des chantiers, des opérations inventoriées sont ainsi renseignées dans un tableau (annexe 1).

• Date de livraison du chantier : nous prenons en compte l'année où une opération a été réceptionnée. Les dates sont relativement précises, avec une marge d'erreur de 2 ou 3 années. Sur 2024, les chantiers commencés et en cours ont été pris en compte.

• Type de bâtiment : il s'agit de la fonction principale du bâtiment. Nous proposons un classement en 4 types de programmatique : logement individuel, logement collectif, équipement public, équipement privé.

• Fonction des BPP dans le bâtiment : nous avons dans un premier temps classé les éléments en pisé préfabriqué en terme structurel, soit porteur ou non porteur. Puis dans un second temps nous détaillons leur rôle dans le bâtiment. Le pisé peut être utilisé en mur de refend intérieur, pour l'enveloppe du bâtiment, mais aussi en parement. Dans ces deux derniers cas, nous observons s'il est situé en intérieur ou à l'extérieur du bâtiment.

• Lieu de construction du bâtiment : la commune et le département où a été réalisée l'opération sont renseignés. Nous avons aussi fait une distinction entre milieu rural ou urbain, suivant la taille de la commune (plus ou moins 5000 habitants).

• Entreprises ayant réalisé les travaux : nous avons précisé le nom des entreprises ayant réalisé la construction. Lorsque 2 entreprises sont répertoriées, il s'agit d'une séparation des tâches entre la production et la pose des BPP lors d'une opération.

• Formats et dimensions des blocs : les blocs de pisé préfabriqués sont principalement rectangulaires. Les dimensions sont données en longueur, largeur et hauteur des blocs de pisé préfabriqués.

• Localisation de la production : on a pu observer que la préfabrication pouvait être réalisée sur différents sites. Le premier cas est la préfabrication foraine, nommée ici production sur site. Il y a aussi la production dans un atelier ou une usine ayant un emplacement fixe, nommé ici atelier fixe. Enfin, le dernier cas repéré est la production dans un atelier temporaire installé proche de l'extraction de terre ou proche du chantier.

• Distance parcourue par la matière et le matériau : cette distance est le cumul des km parcourus entre le lieu d'extraction et le lieu de production, puis entre le lieu de production et le chantier. Les distances sont mesurées à l'aide d'une application informatique et certaines données de chantiers ont été estimées.

• Surface de pisé préfabriqué réalisée : nous comptabilisons le nombre de m² réalisés en BPP sur une opération. Pour ce critère, nous nous appuyons sur des chiffres connus et d'autres estimés. Ces valeurs sont donc intéressantes sous forme de dynamiques, de tendances.

• Provenance de la terre : nous avons, pour la plupart des projets, pu identifier la provenance des ressources utilisées pour la production des BPP. Il s'agit parfois d'une terre provenant d'une carrière, d'une terre d'excavation d'un chantier voisin, ou d'une terre issue du site de construction.

• Les différentes lignes de production des BPP : nous proposons de classer en trois catégories les différents types de ligne de production. Artisanal, il s'agit d'une production au sol, bloc par bloc, avec des outils identiques à la mise en œuvre sur site. Semi-industriel, il s'agit d'une stratégie où le poste de production est en partie mécanisé, mais il reste déplaçable. Industriel, il s'agit d'une production fixe, où l'on cherche par la mécanisation et robotisation à optimiser les rendements.

• Temps de stockage des blocs : on tente ici de renseigner le nombre de mois où les BPP ont été stockés pour sécher avant d'être mis en œuvre. Il y a plusieurs stratégies développées, comme une mise en œuvre directe sans séchage, et des temps de séchage de plusieurs mois pour poser des blocs secs.

• Moyen de levage sur le chantier : on a relevé une grande diversité dans les moyens de levage utilisés pour la pose des BPP comme la grue de chantier, la grue mobile ou le camion-grue, le charriot élévateur ou télescopique, et la chèvre de levage.

• La situation des BPP dans la construction pendant leur pose est spécifiée. On a observé différents cas : sur dalle (les blocs sont posés sur un soubassement sans contrainte particulière), sous plancher (les blocs sont mis en œuvre sous un plancher ou une dalle existants entraînant une contrainte de levage), contre structure (les blocs sont mis en œuvre contre une structure existante comme un voile béton, un système poteau poutre ou un autre mur en pisé).

• Autres paramètres en cours d'étude : tous les paramètres contenant des données imprécises ou une absence de données pour certains projets ont été supprimés pour cette étude. Nous avons malgré tout entrepris un travail d'analyse plus fin des phases chantiers en décrivant les temps et le type de mise en œuvre, l'organisation des équipes de pose, la protection des

ouvrages réalisés, la coordination du chantier pour analyser l'impact de la préfabrication sur le planning ou sur la maîtrise des interfaces par exemple. Un travail d'observation a aussi débuté sur les types d'assemblages allant du simple appareillage à des liaisons plus complexes avec les superstructures. De plus, à moyen terme, nous souhaitons réaliser un bilan carbone par type de production ou par chantier avec l'impact de l'énergie utilisée et des transports effectués.

3. ANALYSES COMPARATIVES

3.1. ÉVOLUTION DU NOMBRE DE PROJETS UTILISANT DU PISÉ

Dans un premier temps nous avons comptabilisé le nombre de chantiers réalisés en pisé (pisé traditionnel et pisé préfabriqué), en inventoriant précisément ceux réalisés avec des BPP. L'inventaire est le plus exhaustif possible. Le comptage est effectué par année de livraison. Pour cette analyse, nous commençons le décompte en 1972, date du premier chantier réalisé en pisé, suite à l'abandon de cette technique après-guerre. Pour le nombre de projets neufs, il s'agit d'un inventaire tiré du travail de thèse en cours de Julien Nourdin complété avec les projets plus récents inventoriés spécifiquement pour cette étude.

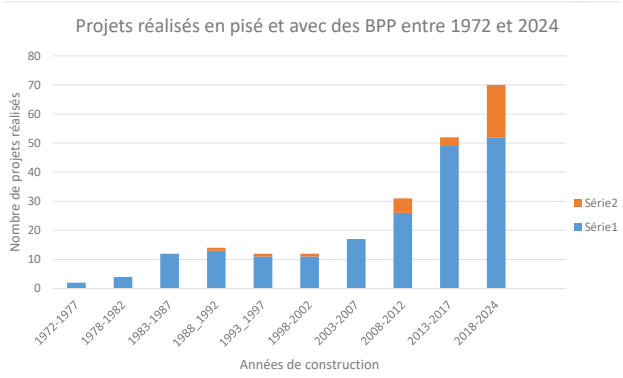


Figure 4. Graphique montrant l'évolution du nombre de projets utilisant du pisé. (Série 1 : Pisé in situ, Série 2 : Pisé préfabriqué.
Source : Martin Pointet.

On observe une augmentation importante du nombre de projets utilisant du pisé à partir de 2008 (Fig. 4). Depuis cette année, le nombre de projets utilisant des BPP est aussi en forte augmentation. Les chantiers utilisant des BPP représentent depuis 2010, environ 10 % de l'ensemble des projets réalisés avec du pisé. Il semble que le pisé préfabriqué accompagne l'augmentation de l'utilisation du pisé dans la construction, mais qu'il ne remplace pas l'utilisation de la technique traditionnelle du pisé réalisé sur site.

3.2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE EN FRANCE DES PROJETS RÉALISÉS EN PISÉ TRADITIONNEL ET AVEC DES BPP

Tout comme pour les projets réalisés avec du pisé traditionnel (Fig. 5), ceux réalisés avec des BPP se concentrent dans la région Auvergne Rhône Alpes, bassin historique des constructions en pisé en France (Fig. 6). Par contre on retrouve un nombre important de projets réalisés en pisé préfabriqué en région parisienne. Il semble que l'utilisation de blocs de pisé préfabriqué soit assez adaptée au contexte urbain, car la gestion et coordination des chantiers serait plus simple à organiser. On note aussi une dispersion sur le territoire (Alsace, Aquitaine, Normandie, Bouche du Rhône) ce qui montre aussi la capacité de ce type de production à s'exporter et se diffuser.

Figure 5. Localisation des bâtiments en pisé en France construits entre 1975 et 2015.
Source : Anne-Lyse Antoine, Elisabetta Carnevale. Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 : pourquoi et comment les acteurs construisent avec ce matériau aujourd'hui ? Mémoire DSA, ENSAG, 2016.

Figure 6. Localisation des bâtiments construits avec des BPP en France construits entre 1988 et 2024.
Source : Martin Pointet & Julien Nourdin.

3.3. NOMBRE DE CHANTIERS RÉALISÉS AVEC DES BPP

On observe une première période entre 1988 à 2016 avec des expérimentations régulières, sur des chantiers occasionnels, le premier chantier étant réalisé par Nicolas Meunier en 1988 avec l'entreprise Le Pisé. Mais dès 2001, d'autres entreprises se lancent dans la production de BPP comme Akterre, Caracol (Fig. 7) ou Les Frères Bon. Il y a une augmentation du nombre de chantiers utilisant des BPP à partir de 2017, date à laquelle Nicolas Meunier développe un nouvel outil de production de préfabrication foraine, plus mécanisé. Mais on observe aussi l'arrivée de nouvelles entreprises développant des procédés semi-industriels (Terrio) et industriels (Eiffage) qui accompagne l'utilisation plus massive du pisé dans la construction (Fig. 8).

Figure 7. Production artisanale par Caracol et J.Gargano pour la maison de Santé de Badonviller.
Source : Joseph Gargano.

Figure 8. Production industrielle par Eiffage pour un chai bordelais.
Source : Cécile Plumier.

3.4. TYPE DE LIGNE DE PRODUCTION UTILISÉE POUR RÉALISER LES BPP

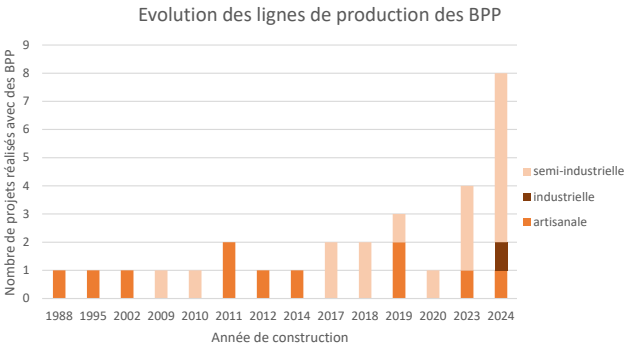


Figure 9. Évolution des lignes de production des BPP.
Source : Martin Pointet.

Depuis 1988, la production artisanale de BPP reste stable malgré l'augmentation notable des productions semi-industrielle et industrielle. La production artisanale semble permettre de répondre à une contrainte technique ou de mise en œuvre sans investissement particulier sur les outils de production. Plus coûteuse, elle reste très adaptable. Le développement d'outils de production semi-industriels avec les entreprises des Frères Bon (2010) ou de Nicolas Meunier (2016) permet d'augmenter et faciliter la production de nombre de m² de BPP et de répondre à des demandes spécifiques. L'apparition de la production industrielle avec Eiffage en 2023-2024 sur la construction d'un chai viticole dans le Bordelais (utilisation de la ligne de production développée par Martin Rauch) permet de répondre à une demande de grande ampleur (+ de 2500 m² de pisé sur un projet), (Fig. 9). Il est intéressant de noter que les trois types de productions (artisanale, semi-industrielle, et industrielle) cohabitent sans forcément se faire concurrence, car ils répondent à des contextes de projets spécifiques.

3.5. TAILLE DES CHANTIERS RÉALISÉS AVEC DES BPP

On observe que la majorité des chantiers réalisés avec des BPP sont de petites et moyennes tailles, entre 10 et 100 m² (Fig. 10). Il semble que l'utilisation des BPP soit adaptée aux petits chantiers, car sur ces derniers, en cas d'utilisation du

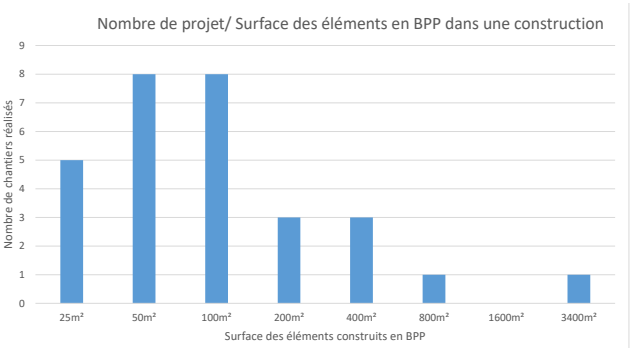


Figure 10. Taille des chantiers réalisés avec des BPP.
Source : Martin Pointet.

pisé traditionnel, le coût d'installation est assez élevé, ainsi que l'impact du déplacement des outils et des artisans sur le budget global.

On observe aussi l'apparition plus récente de chantiers de grande taille (+400m²) utilisant les BPP. Il semble aujourd'hui difficile pour les entreprises spécialisées de répondre à ces marchés très volumineux, qui impliquent des contraintes de planning et de déroulement du chantier en cas d'utilisation du pisé traditionnel.

Aussi, l'utilisation des BPP semble adaptée à différentes tailles de chantier.

3.6. TYPE DE PROJETS RÉALISÉS AVEC DES BPP

En nombre de projets réalisés, les équipements publics sont majoritaires suivi de près par les logements individuels (Fig. 11). En volume de BPP produit, on retrouve une majorité d'équipements privé puis public, qui sont les deux types de programmation portant le développement de la filière de la préfabrication. L'utilisation des BPP semble adaptée à tout type de bâtiment, mais portée principalement par les équipements privés et publics.

3.7. FONCTION DES BPP DANS UN BÂTIMENT

En nombre de projets réalisés, l'utilisation du pisé comme élément porteur est majoritairement employée (Fig.12). On observe, malgré tout, qu'il y a de nombreuses utilisations et fonctions des BPP dans les constructions allant de l'élément non porteur pour l'enveloppe extérieure jusqu'au parement intérieur. Il y a donc une diversité de mises en œuvre possibles. Les BPP répondent à presque toutes les fonctions et problématiques rencontrées dans la construction contemporaine.

3.8. SITUATION DES BPP DANS LA STRUCTURE DU BÂTIMENT LORS DE LEUR MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de BPP peut répondre à une situation contraignante comme l'application contre une structure (Fig. 13) ce qui est plus compliqué pour le pisé traditionnel (stabilisation des coffrages, séchage et retrait du matériau, etc.). Enfin, seule l'utilisation des BPP permet de répondre à une mise en œuvre du pisé sous un plancher (Fig. 14). En effet l'utilisation de la technique du pisé traditionnel dans ce dernier cas est très compliquée, voire impossible (hauteur du fouloir et de son débattement).

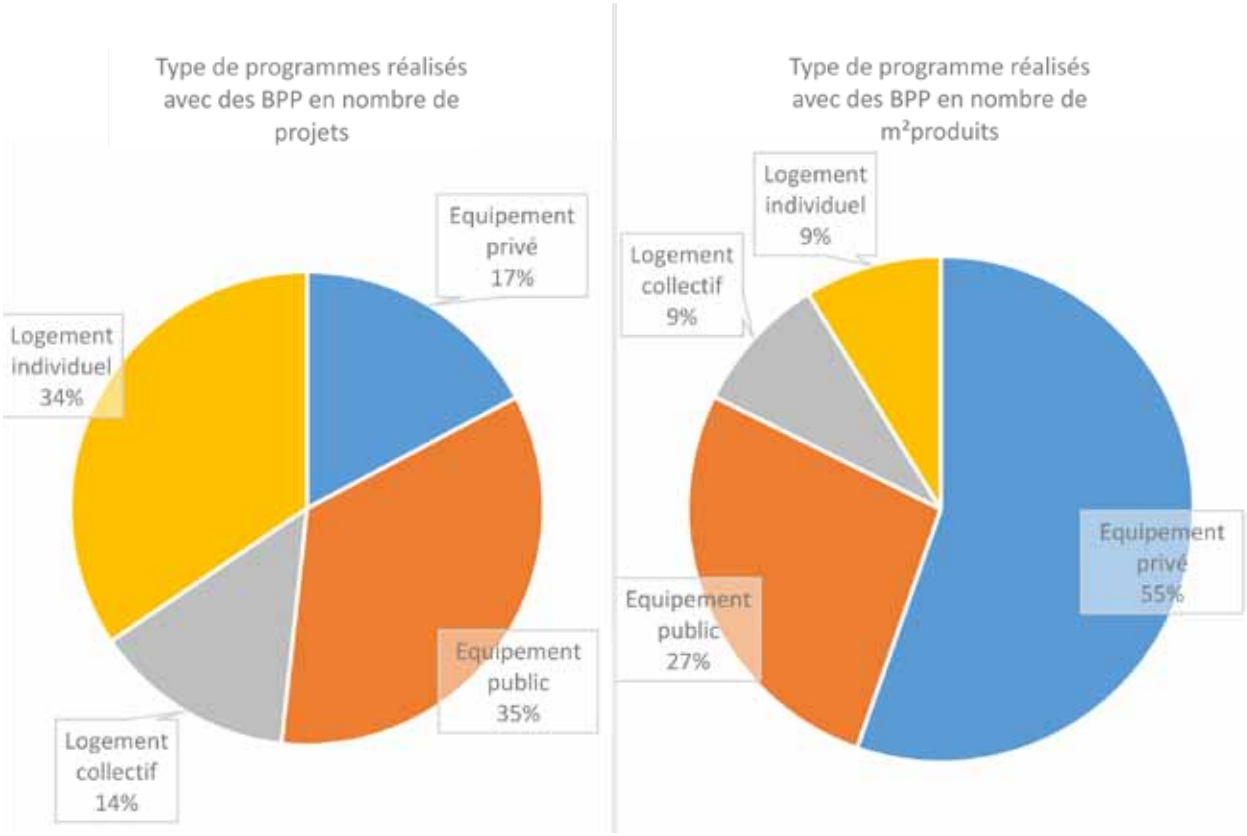

Type de programmes réalisés avec des BPP en nombre de projets
Equipement privé 17%
Logement individuel 34%
Equipement public 35%
Logement collectif 14%
Type de programme réalisés avec des BPP en nombre de m²produits
Logement individuel 9%
Logement collectif 9%
Equipement privé 55%
Equipement public 27%

Figure 11. Types de projets réalisés avec des BPP.
Source : Martin Pointet.

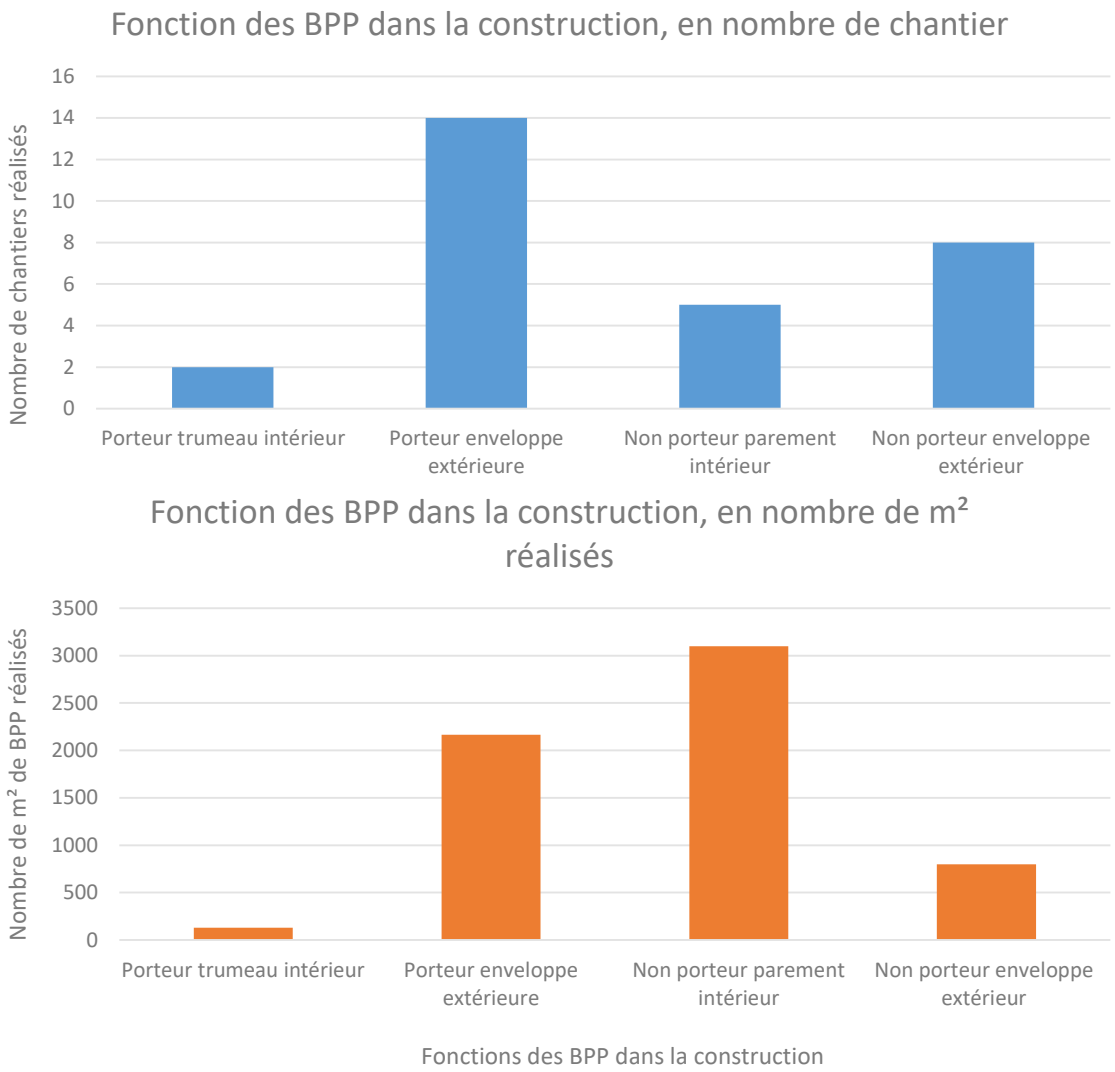


Figure 12. Fonctions des BPP dans un bâtiment.
Source : Martin Pointet.

Figure 13. Construction d'un double mur en BPP par Caracol, musée Dehlingen.
Source : Yvon Meyer.

Figure 14. Construction d'un mur masse pour une habitation par les Frères Bon.
Source : François Streiff.

3.9. LIEU DE PRODUCTION DES BPP

On a pu observer trois types de stratégies utilisées au niveau des lieux de production : en atelier fixe, en atelier temporaire, sur site (préfabrication dite « foraine »). La production en atelier fixe est la principale utilisée aujourd'hui (Fig. 15) en nombre de projets réalisés, mais en nombre de m² de BPP produits, c'est la production en atelier temporaire qui est majoritaire, en particulier avec la production des 3000 m² de BPP pour un chai viticole bordelais. La production sur site permet d'optimiser les transports des ressources quand il s'agit de la terre d'excavation du chantier et lorsque les équipes de production et de pose sont des entreprises locales. Par contre, sans atelier, la production sur site rencontre les mêmes contraintes que le pisé traditionnel (intempérie, saisonnalité, etc.). Il semble que la production en atelier fixe réponde aussi à une demande d'optimisation et facilitation de la production. Cette dernière stratégie développée par Terrio semble pertinente d'un point de vue du bilan carbone lorsque les BPP sont déplacés sur quelques dizaines de kilomètres autour du site de production. Dans le contexte actuel d'une filière en développement, on observe des transports de matériaux beaucoup plus importants.

3.1. AUTRES CARACTÉRISTIQUES NOTABLES

Concernant leur mise en œuvre, les BPP sont généralement appareillés comme des éléments de maçonnerie, liés avec un mortier de sable et liant. Ce dernier peut être de différentes natures, parfois à la chaux, à l'argile ou au ciment et parfois sec ou visqueux. Pour le levage et la pose des BPP sur le chantier, plusieurs systèmes sont utilisés. Le BPP peut être porté par un système de sangles et palonniers, par un système de socle métallique ou bois ou plus récemment par des pinces autoserrantes.

On a pu observer le développement de différents outils et équipements de production facilitant le travail des artisans comme la suspension des fouloirs, voir la robotisation complète de cette action (le compactage) assez pénible. Un travail sur les coffrages est aussi développé par les différentes entreprises afin de réduire les temps de coffrage/décoffrage et de faciliter les changements de dimensions des BPP.

La production sur site ou en atelier entraîne des problématiques différentes. Dans le premier cas, il faut gérer les intempéries comme sur un chantier classique, dans le second cas, il faudra transporter les blocs du site de production au chantier. Le transport de grands blocs (+de 5 tonnes) semble compliqué. Aussi, la proportion entre la longueur et la hauteur des BPP est à prendre en compte pour le transport. Généralement la taille des BPP est adaptée au moyen de levage facilement disponible et en lien avec les contraintes du chantier.

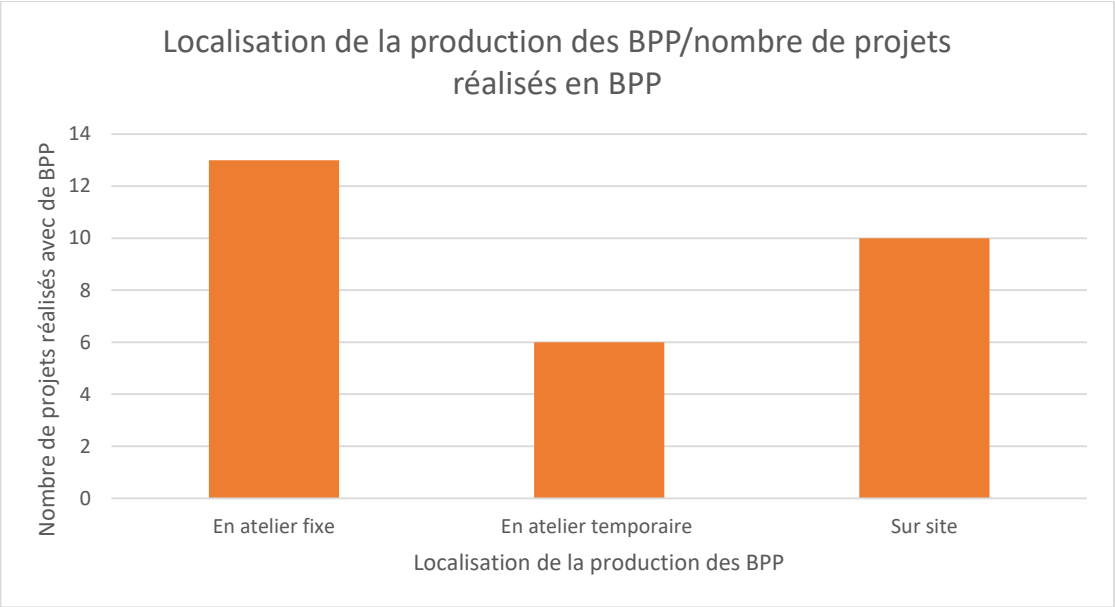
La production de BPP permet aussi de mettre en place un contrôle qualité de la production à la pose plus simple et systématique, ce qui facilite l'entrée de cette technique dans les marchés publics ou les marchés de grande envergure.
Dans certains chantiers, les BPP, produits et séchés en amont, ont permis une mise en œuvre en période hivernale, s'affranchissant ainsi de la saisonnalité du pisé traditionnel. De plus l'utilisation de BPP secs lors de leur mise en œuvre limite les apports d'humidité en phase chantier, permet une meilleure gestion du retrait, simplifie les problématiques d'interface et la gestion et coordination des plannings.

CONCLUSION

L'utilisation de BPP rend le matériau plus accessible techniquement (meilleure maîtrise de la production et de la pose), rend l'installation de chantier plus simple, permet de réaliser des chantiers de toutes tailles, du très petit au très grand, limite les temps de production sur chantier (planning plus souple, travail en hiver possible, etc.), diminue les temps de séchage (le mur devient plus rapidement porteur, plus simple à isoler, etc.), permet de mieux gérer la pénibilité du travail et permet l'utilisation d'énergie renouvelable lors de la production.

Malgré ces avantages, l'augmentation du nombre de projets réalisés en pisé est avant tout portée par le pisé traditionnel. Il semble que l'utilisation de BPP accompagne ce développement tout en permettant de répondre à des demandes spécifiques (chantiers d'envergures, chantiers urbains, utilisation sous plancher ou contre une structure…). Les différentes lignes et stratégies de productions pour les BPP, permettent de compléter un panel de réponses techniques possibles et offrent de nouvelles solutions intéressantes et complémentaires. De plus, la mécanisation et la robotisation de la production (compactage, coffrage, etc.) semblent aussi être des pistes pour faciliter le travail des artisans et baisser les coûts de production. Avec la production et la pose des BPP, on perd en intensité sociale sur chantier (moins d'artisans lors du chantier), mais on participe à rendre ce matériau plus accessible.

Les BPP participent à la massification de la construction de mur monolithique en terre sans devenir l'unique solution technique. La massification implique la mise en mouvement et la coordination de toutes les filières de production (autoconstructions, artisanales, semi-industriels, industriels, locales, nationales, etc.), afin de permettre l'utilisation des matériaux en terre crue dans les constructions publiques, privées, neuves ou réhabilitations. L'activation de solutions artisanales et industrielles pourrait répondre à cette logique de massification. Aujourd'hui, les projets utilisant des BPP se multiplient et deviennent de plus en plus importants. Les solutions d'unité de production fixe développées par Terrio pourraient devenir très pertinentes avec des déplacements de BPP se limitant sur quelques dizaines de kilomètres, il faudrait alors multiplier le nombre de productions locales. De même,



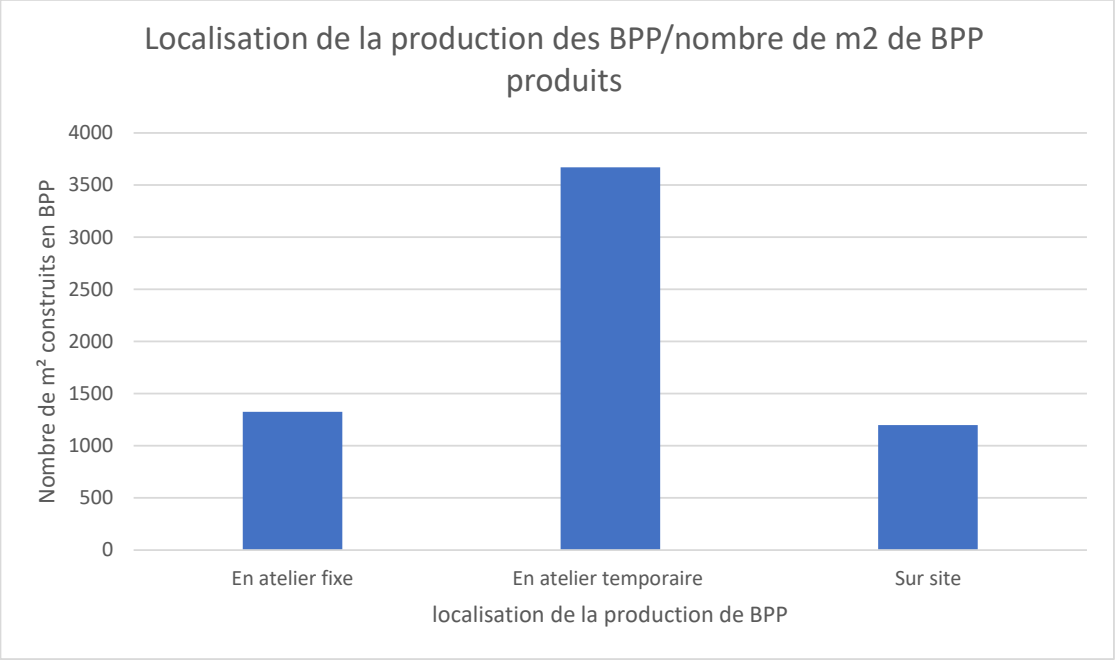


Figure 15. Quantité de BPP par type de production.
Source : Martin Pointet.

les solutions développées par l'entreprise Le Pisé permettent de faire appel à une entreprise hautement qualifiée afin de réaliser des ouvrages techniquement complexes. Enfin, des solutions comme celle proposée par Eiffage pourraient devenir vertueuses si la production industrielle continue à se développer proche d'un site d'extraction pouvant approvisionner des chantiers locaux.

BIBLIOGRAPHIE

Antoine A.-L., Carnevale E. (2016). Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015, Mémoire de DSA-Terre, Grenoble, ENSAG.

Moevus M., Fontaine L., Anger R., Doat P. (2013). C2D2 – Projet : Béton d'Argilde Environnemental (B.A.E.), Ministère de l'Écologie et de Développement Durable et de l'Énergie, rapport final, novembre 2013.

Bui, Morel, Venkatarama Reddy, Ghayad (2008). Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering, Article, Université de Lyon, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, CNRS.

Champrie, F. (2017). Étude expérimentale du comportement hydro-mécanique de la terre crue compactée pour la construction. Thèse en Génie civil. Université de Lyon, ENTPE.

Cointeraux F. (1790-1791). École d'architecture rurale. Premier cahier, Dans lequel on apprendra soi-même à bâtir solidement les maisons de plusieurs étages avec la terre seule, l'auteur, impr. de Vezard & Le Normant, Paris.

Ouvrage collectif (2018). Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue. Ministère de la transition écologique et solidaire, Ministère de la Cohésion des Territoires et des Relations avec les Collectivités Territoriales, Paris.

Le Tiec J.-M., Misse A., Dayre M., Doat P., Joffroy T. (2020). Construire en pisé, prescription de dimensionnement et de mise en œuvre, Éditions : Le Moniteur, Antony.

Gauzin Muller D. (2017). Architecture en terre d'aujourd'hui, Ed. Muséo, Paris.

Houben, H. et GUILLAUD, H. (1989) Traité de construction en terre, Ed. Parenthèses, Marseille.

Leylavergne E. (2012). La filière terre crue en France. Enjeux, freins et perspectives, Mémoire de DSA-Terre, Grenoble, ENSAG.

Meunier N. (1988). Autre procédé pour la mise en œuvre de bâtiments en terre compactée, Mémoire CEAA, Grenoble, ENSAG, 1988, 75 p.

Moriset S., Joffroy T. (Dir) (2018). Réhabiliter le pisé, vers des pratiques adaptées, Actes Sud, Arles.

Pointet, M. (2024) « Comment les pathologies rencontrées dans les constructions contemporaines en pisé peuvent-elles nous permettre de mieux concevoir et construire aujourd'hui ? », in: Colloque L'architecture durable s'use-t-elle ?, UCL de Tournai.

Sauer M., Kappfinger O. (2015) Refined Earth: Construction & Design with Rammed Earth, Ed. Détails, Jovis Verlag.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Andréas KREWET est ingénieur génie civil, après une expérience professionnelle chez Claytec, et l'obtention d'un DSA architecture de terre, il fonde l'entreprise AKTerre en 1998. Après 6 ans d'expertise au Maroc sur l'efficacité énergétique, il crée le bureau d'études Terre Energie Conseil en 2018 au sein de la coopérative CABESTAN.

Martin POINTET est architecte DPLG, il se forme à la maçonnerie de terre au sein d'AKTerre. Il participe en 2005 à la création de Caracol éco-construction. En 2013, il intègre amàco et fondera le bureau d'étude BETerre en 2014. Depuis 2020, il est maître de conférences à l'ENSAG et chercheur dans l'unité de recherche AE&CC, équipe CRAterre.

Julien NOURDIN est en troisième année de doctorat au sein de l'unité de recherche AE&CC (équipe CRAterre) à l'ENSAG-UGA, il étudie le développement de la filière terre. Ce sujet s'inscrit dans la continuité de son cursus d'architecte, achevé en 2021 à l'ENSAG. Durant son Master, il a réalisé deux stages de recherche et a participé au designbuildLAB.

ANNEXE 1 :

Tableau regroupant les projets analysés pour l'étude. En rouge, les données non vérifiées.

Date	Type de projet	Fonction du pisé dans le bâtiment	Commune et département	Urbain/ rural	Entreprise	Taille des bloc (longeur/hauteur/ épaisseur en cm)	Localisation de la production	Distance entre production des BPP et le chantier (en km)	Surface réalisée en m²	Terre utilisée (provenance)	Distance entre la carrière et le site de production en km	Distance total parcourue par la terre en km	Ligne de production	Temps de stockage des blocs av. pose (en mois)	Moyen de levage	Situation des BPP lors du chantier
1988	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Sorbier (42)	rural	Meunier, Le pisé	220/100/50cm	Sur site	0	150	Terre issue d'une autre excavation	40	40	artisanale	0	Grue de chantier	sur dalle
1995	Logement collectif	Porteur enveloppe extérieure	Montbrison (42)	urbain	Meunier, Le pisé	200/100/50cm	Sur site	0	200	Terre issue d'une autre excavation	40	40	artisanale	0	Grue de chantier	sure dalle
2002	Logement individuel	Non porteur parement intérieur	Megève (74)	rural	Akterre + Capterre	100/40/30cm	En atelier fixe	190	20	Terre de carrière	40	230	artisanale	2	Chèvre de levage	sous plancher
2009	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Thereval (ancienne commune d'Hébécrevon) - 50	rural	Frères Bon	93/80/50 cm	En atelier fixe	40	10	Terre de carrière	30	70	semi-industrielle	2	Charriot téléscopique	sous plancher
2010	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	S Martin de Bonfossé - 50	rural	Frères Bon	115/76/50 cm	En atelier fixe	60	15	Terre issue d'une autre excavation	10	70	semi-indistrielle	1,5	Charriot téléscopique	sous plancher
2011	Equipement public	Non porteur enveloppe extérieur	St Genix sur Guiers (73)	rural	Caracol	150/150/50	En atelier temporaire	50	30	Terre de carrière	100	150	artisanale	4	Camion grue	sur dalle
2011	Equipement public	Porteur trumeau intérieur	Badonviller (54)	rural	Caracol+ J.Garagano	250/250/50cm	En atelier temporaire	5	100	Terre de carrière	500	600	artisanale	4	Grue mobile	sur dalle
2012	Equipement public	Non porteur enveloppe extérieur	Dehlingen (67)	rural	Caracol	120/70/30cm	Sur site	0,2	70	Terre de carrière	5	5,2	artisanale	5	Grue de chantier	contre structure
2014	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Pouilly sur Charlieu (42)	rural	Meunier, Le pisé	150/80/50cm	Sur site	0	100	Terre de site	0	0	artisanale	0	Grue de chantier	sur dalle
2017	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Les vallons de la Tour (38)	rural	Meunier, Le pisé	200/100/50cm	Sur site	0	100	Terre de site	0	0	semi-industrielle	0	Grue de chantier	sur dalle
2017	Equipement public	Non porteur enveloppe extérieur	La Roche de Condrieu (38)	urbain	Meunier, Le pisé	200/100/50cm	Sur site	0	80	Terre issue d'une autre excavation	30	30	semi-industrielle	0	Grue de chantier	contre structure
2018	Equipement public	Non porteur parement intérieur	Four (38)	rural	Atelier Kara	80/100/8cm	En atelier temporaire	0,1	40	Terre de carrière	20	20,1	semi-industrielle	3	Chèvre de levage	sous plancher
2018	Equipement public	Non porteur enveloppe extérieur	Brangues (38)	rural	Meunier, Le pisé	200/100/50cm	Sur site	0	50	Terre issue d'une autre excavation	30	30	semi-industrielle	0	Grue de chantier	contre structure
2019	Equipement public	Non porteur enveloppe extérieur	Fontenay sous bois (94)	urbain	Cabestan+Eiffage	120/100/30cm	En atelier temporaire	1	150	Terre de carrière	85	86	artisanale	2	Charriot élévateur + grue de chantier	contre structure
2019	Equipement privé	Porteur enveloppe extérieure	Lyon (69)	urbain	Meunier, Le pisé	200/100/50cm	Sur site	0,1	350	Terre issue d'une autre excavation	50	50,1	semi-indistrielle	entre 0 et 4	Grue de chantier	sur dalle
2019	Equipement privé	Non porteur parement intérieur	Croutes sur Marne (02)	rural	W.Carazas	100/100/40cm	Sur site	40	30	Terre issue d'une autre excavation	30	70	artisanale	1	Grue de chantier	sur dalle
2020	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Marseille (13)	urbain	Meunier, Le pisé	200/100/50cm	Sur site	0	70	Terre issue d'une autre excavation	25	25	semi-indistrielle	0	Charriot téléscopique	sur dalle
2023	Equipement privé	Porteur enveloppe extérieure	Bully (69)	rural	W.Carazas	150/100/30cm	En atelier fixe	40	35	Terre de carrière	30	70	semi-industrielle	1	Camion grue	sur dalle
2023	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Collonges au mont d'or (69)	rural	Terrio+ TCND	150/100/30cm	En atelier fixe	20	35	Terre de carrière	30	50	semi-industrielle	1	Charriot téléscopique	sous plancher
2023	Equipement privé	Porteur enveloppe extérieure	Parcieux (01)	rural	Terrio+ Richard construction	150/100/30cm	En atelier fixe	30	15	Terre de carrière	30	60	semi-industrielle	1,5	Camion grue	sur dalle
2023	Logement individuel	Non porteur parement intérieur	Crest (26)	rural	Atelier Kara	60/60/7cm	En atelier fixe	1	10	Terre de carrière	25	26	artisanale	1	Treuille de levage	sous plancher
2024	Logement collectif	Porteur trumeau intérieur	Marly le roi (78)	urbain	Terrio +ECC	150/100/30cm	En atelier fixe	500	30	Terre de carrière	30	530	semi-industrielle	1	Grue de chantier	Entre poteau
2024	Logement collectif	Non porteur enveloppe extérieur	Boulogne (92)	urbain	Terrio + STM	120/100/40cm	En atelier fixe	470	70	Terre de carrière	30	500	semi-industrielle	3	Grue de chantier	contre structure
2024	Equipement privé	Non porteur parement intérieur	Pessac (61)	rural	Eiffage	250/120/40cm	En atelier temporaire	0	3000	Terre de site	0	0	industrielle	1	Grue de chantier	sur dalle
2024	Equipement public	Non porteur enveloppe extérieur	L'arbresle (69)	rural	Terrio + richard	40/100/50cm	En atelier fixe	40	100	Terre de carrière	30	70	semi-industrielle	0,5	Grue de chantier	sur dalle entre poteau
2024	Equipement public	Porteur enveloppe extérieure	Lyon (69)	urbain	TCND	150/100/50cm	En atelier temporaire	40	350	Terre de carrière	20	60	artisanale	1	Grue de chantier	sur dalle
2024	Equipement public	Porteur enveloppe extérieure	Clermont Ferrand (63)	urbain	Terrio + D'aversa	250/100/50cm	En atelier fixe	174	700	Terre de carrière	30	204	semi-industrielle	1	Grue de chantier	sur dalle
2024	Logement individuel	Porteur enveloppe extérieure	Bourg la Reine (92)	urbain	Terrio + AMCI	150/90/30cm	En atelier fixe	466	35	Terre de carrière	30	496	semi-industrielle	1	Charriot téléscopique	sur dalle
2024	Logement collectif	Non porteur enveloppe extérieur	Grenoble (38)	urbain	Terrio + Archivolte	120/100/35cm	En atelier fixe	100	250	Terre de carrière	30	130	semi-industrielle	1	Charriot téléscopique	entre poteau

LA FILIÈRE TERRE EN FRANCE : DES MOYENS DE PRÉFABRIQUER DANS LA PERSPECTIVE D'UNE DEMANDE QUI CHANGE D'ÉCHELLE.

Julien NOURDIN, architecte DE, doctorant à l'UGA, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, unité de recherche AE&CC, équipe CRAterre. (nourdin.j@grenoble.archi.fr)
Thierry JOFFROY, Architecte DPLG, HDR, UGA, ENSAG, AE&CC, équipe CRAterre (thierry.joffroy@grenoble.archi.fr)

RÉSUMÉ

Cet article analyse les structures existantes qui préfabriquent des éléments en terre crue pour s'adapter à l'augmentation de la demande. Basée sur des entretiens, visites (liste en Annexe) et données comparatives, l'étude met en lumière les stratégies adoptées par ces entreprises pour démocratiser l'usage des matériaux en terre crue. Ces stratégies incluent l'amélioration de la productivité par des partenariats, l'expansion des activités et la recherche de soutiens financiers, tout en développant des matériaux et techniques innovantes adaptés aux méthodes et compétences actuelles des maçons.

INTRODUCTION

En France, après trente années de remise sur pied de la filière de construction en terre crue, on observe depuis environ 2010 une véritable intensification de la production architecturale utilisant la terre comme matériau de construction, et ce tant par le nombre de projets édifiés que par leurs envergures et leurs ambitions[1]. Le préambule de ce changement d'échelle a, entre autres, été favorisé par la crise financière de 2008 et l'arrivée des premières réglementations environnementales (Grenelle de l'Environnement, RT2012, etc.). Ces dernières années, la pression exercée par les menaces liées au changement climatique et l'implication progressive de personnes effectivement formées ont encore accentué cette dynamique[2]. Ce contexte et ces événements ont constitué un socle qui engendre la création de structures spécialisées et l'implication d'entreprises du bâtiment de plus en plus grandes dans ce domaine. L'objectif est clair : décarboner le secteur du BTP en substituant certains éléments en béton par de la terre et ainsi participer, chacun à son niveau, à la réinvention de l'architecture contemporaine en y intégrant des qualités de confort, d'esthétisme et plus de respect environnemental. Dans cet article, nous cherchons à comprendre de quelles manières ces structures agissent pour démocratiser l'utilisation de la terre crue dans le bâtiment. Nous essayerons ensuite de catégoriser les différentes approches observées.

Il est à noter que pour étudier cela, à l'exception de la fabrique Cycle Terre, la littérature scientifique abordant ces efforts est presque inexistante. Notre réflexion s'appuie donc principalement sur des données récoltées durant des enquêtes de terrain effectuées dans le cadre de la préparation d'une thèse de doctorat. Ces dernières regroupent des temps de visite d'ateliers de fabrication et des entretiens auprès des directeurs ou des responsables de production. Les données (informations, observations, photos, enregistrements audio, etc.) sont ensuite extraites, analysées et comparées avec celles des autres struc-

1. Cette analyse est l'un des résultats d'un inventaire de 540 projets sur une période de 50 ans, qui a été réalisé dans le cadre de mon doctorat.

2. Leylavergne, 2012 ; Antoine, Carnevale, 2016.

tures. La littérature grise (sites web, notices techniques et fiches produits) vient compléter les informations recueillies sur le terrain. Enfin, certaines réflexions proviennent de moments d'échanges et de débats entre des professionnels lors de rencontres comme les 8e assises d'Asterre[3] en 2022 et la table ronde « Utiliser la terre crue dans la construction : « comment changer d'échelle ? »[4] organisée en 2023.

Pour des questions de rapidité d'exécution et d'économie de la construction, la démocratisation apparait aujourd'hui être essentiellement liée à la préfabrication d'éléments. De façon presque naturelle, on trouvera en première partie les stratégies mobilisées pour la production de briques. Nous nous intéresserons ensuite sur les évolutions vers la fabrication de blocs compressés de grande taille avant de passer aux approches mises en place pour démocratiser les techniques de préfabrication de murs monolithiques. Enfin, nous examinerons les démarches développées pour des matériaux de finition.

1. QUAND LA MAÇONNERIE DE PETITS ÉLÉMENTS DEVIENT GRANDE

1.1. PRODUIRE DES BRIQUES DE TERRE CRUE

En France, on trouve plusieurs entreprises produisant des briques de terre crue. Historiquement, on remarque qu'elles se sont construites en suivant deux approches. La première se développe autour des savoir-faire des briqueteries traditionnelles qui fabriquaient des briques cuites, tandis que la seconde s'appuie sur les travaux d'entrepreneurs ayant un profil d'ingénieur en mécanique et au départ souvent avec des idées d'exportation. Ces derniers ont mis au point des machines étant capables de fabriquer des briques de terre crue par compression.

Dans les faits, certaines briqueteries traditionnelles ont facilement pu développer des gammes entières de produits à base d'argile non cuite. Il est en effet relativement facile de mettre en place des protocoles et de détourner le fonctionnement initial de la chaine de production pour produire des briques crues par extrusion et tout simplement ne plus les cuire après leur séchage, procurant une économie d'énergie évidente. Ces fabriques peuvent s'appuyer sur de nombreux atouts provenant de leurs activités d'origines tels que le contrôle de leur approvisionnement, grâce à leurs carrières d'argile, la maîtrise cette matière et la maintenance des machines, et enfin le conditionnement et la commercialisation. Cette co-activité existe depuis plus de 40 ans dans la briqueterie artisanale Dewulf (Fig.1) située près de Beauvais (60). Outre les BTE, l'entreprise propose des mélanges prêts à l'emploi portant aujourd'hui à cinquante le nombre de références « terre » dans leur catalogue.

3. AsTerre, 2022.
4. Table ronde « Utiliser la terre crue dans la construction : comment changer d'échelle ? », 2024

Désormais, leurs activités liées à la terre crue représentent plus d'un quart de leur chiffre d'affaires. On peut également citer les briqueteries Terres Cuites d'Occitanie[5] à Albine (81), Capelle[6] à Grépiac (31) et Corbet Terres Cuites[7] à Sevremoine (49). Il est à noter qu'au-delà de l'économie de la cuisson, des synergies sont trouvées puisque la chaleur fatale émise par la production de briques cuites peut être valorisée lors du séchage des briques crues.

Figure 1. Production de briques de terre extrudée de la briqueterie Dewulf, 2017, Allonne (60).
© Amàco.

En Vendée, on retrouve une démarche assez proche. En 2006 la briqueterie familiale Gillaizeau est rachetée par Julien Blanchard qui trois ans plus tard va créer une seconde entreprise : Argilus. Celle-ci produit des briques, des enduits prêts à l'emploi et développe la terre coulée. Cette création d'entreprise permet de dissocier les activités liées à la terre cuite et celles liées à la terre crue. L'entreprise va ensuite se constituer un important réseau de distributeurs pour solidifier son marché. En 2019, elle entreprend de grands investissements pour agrandir son usine afin de se doter de nouvelles lignes de productions automatisées. Lorsqu'une chaine de production est remplacée par une nouvelle avec des capacités de production plus importante, cela conduit les entreprises à redimensionner l'entièreté de leurs équipements, Argilus a donc dû poursuivre ses investissements en construisant de nouvelles structures de stockage[8]. Ce phénomène ne s'applique pas seulement à la terre, mais s'impose à n'importe quelle société fabriquant des matériaux, surtout de construction, dès lors qu'elle effectue un changement d'échelle, et ce à l'instar de ce qui se passe pour les scieries et les exploitations agricoles. L'essor d'Argilus et le développement de ses produits reposent en partie sur un pôle R&D qui est en mesure de caractériser les terres et formuler des matériaux.

5. Terres Cuites d'Occitanie, 2022.
6. Briqueterie Capelle, 2024.
7. Corbet Terres Cuites, 2024.
8. Argilus, 2024.

La conception de presses pouvant produire des briques (BTC) est aussi le fruit d'un long processus de recherche et développement. À la fin des années 70, c'est d'abord Altech (société de Daniel Turquin) implanté à Embrun (05), qui va mettre au point la presse « Géo 50 », puis l'entreprise belge Appro Techno avec la « Terstaram » qui vont concevoir de nombreux modèles de presses et de lignes avec différents degrés d'automatisation. Leurs activités vont ainsi participer à démocratiser la production de briques, principalement à Mayotte et dans les pays africains. En France, elles équiperont quelques structures comme l'association Le Village basée à Cavaillon (84) et de nombreux auto-constructeurs.

Elles influenceront Étienne Gay, lui aussi concepteur de machine avant de devenir fabricant de matériaux. En effet, en 2014, deux après la création de son entreprise Briques Technic Concept à Graulhet (81), il inaugure sa première presse automatisée. Il intègre à la ligne de production un bras robotique afin de palettiser les blocs, ce qui permet un gain de temps et de précision, et surtout épargne un travail pénible et fastidieux, tant d'un point de vue physique que mental, pour lequel il devient de plus en plus difficile de recruter. À partir de 2018, l'entreprise va remporter des concours et ainsi obtenir un soutien financier de la région Occitanie et de la BPI. Cette arrivée de fonds va lui permettre de mettre au point deux nouvelles presses. La partie bureau d'étude de son entreprise concevant et assemblant les presses va ensuite être retenue pour équiper la fabrique Cycle Terre.

La fabrique Cycle Terre (Fig.2) connaît d'ailleurs un développement encore plus rapide, car elle est l'aboutissement d'un projet financé à hauteur de 6,3 millions d'euros, dont la majeure partie par l'Union européenne. Ce projet fait suite au lancement d'une thèse sur le sujet[9] puis de l'exposition « Terres de Paris » qui questionne la potentielle valorisation des terres excavées par les chantiers du Grand Paris. Le premier objectif de ce projet est de mettre en place une unité de production capable d'approvisionner en matériaux de terre crue le territoire francilien. Le financement a donc pour objectif de mettre sur pied une fabrique démonstratrice réplicable dans la région voir dans d'autres métropoles. Le but affiché est de garder une échelle intermédiaire permettant une production importante tout en restant proche des sites d'approvisionnements ainsi que des chantiers.

Ces deux entités, créées de toute pièce, ont deux approches différentes concernant la complexité d'accéder au foncier à proximité d'une métropole dynamique. En effet, Briques Technic Concept s'est implantée dans une petite ville située à 70 km au nord de Toulouse. Cela lui permet d'accéder à moindre coût à des espaces de travail couvert spacieux et confortables. De plus, l'entreprise loue des hangars industriels qui étaient vacants suite à la désindustrialisation du territoire. La diversité de hangars lui permet ainsi d'investir des espaces proportionnellement à l'évolution de son activité. Cycle Terre a pu s'implanter directement au sein de l'agglomération parisienne, grâce à l'engagement de la ville de Sevran dans le projet, en créant une SCIC. La commune a donc mis à disposition un terrain pour édifier la fabrique, toutefois en ne pouvant pas totalement écarter la question de la pression foncière. La parcelle est donc assez restreinte, ce qui a rendu nécessaire de délocaliser l'espace de préparation et de stockage des terres sur l'une des plateformes de l'entreprise en charge de la gestion de l'excavation des terres, également partenaire[10].

9. Gasnier, 2019.
10. Cycle Terre, 2024.

Figure 2. Palettisation et stockage de BTC, 2021, Sevran (93).
© Cycle Terre.

Peu de temps après la fin des financements publics, Briques Technic Concept et la fabrique Cycle Terre ont toutes deux rencontré des difficultés financières, menaçant leur viabilité. Pour Briques Technic Concept, l'adoption rapide de technologies de production innovantes a entraîné des investissements considérables qui ont mis la structure en difficulté. Pour la fabrique Cycle Terre, les problèmes semblent liés davantage aux ressources humaines, avec une expansion rapide de la capacité de production sans le temps nécessaire pour former le personnel à la maintenance des machines. De plus, l'accompagnement technique a été largement sous-estimé, entraînant une surcharge de travail. Bien que la fabrique ait dû fermer ses portes en avril 2024, une reprise rapide est étudiée, car le carnet de commandes est bien là et de façon générale la demande est en expansion.

Comme nous venons de le voir, dans le cadre d'une fabrication de briques, l'investissement est important si on souhaite produire d'importants volumes. Les entreprises qui n'ont pas l'opportunité de bénéficier d'un financement public mettent en place des partenariats avec des industries déjà implantées sur leur territoire de manière à louer leurs installations. Ce système de coworking industriel (Fig.3) permet à moindre coût d'accéder ponctuellement à une capacité de production importante. Illustrant cette pratique, l'entreprise suisse Terrabloc et son homologue belge BC Materials produisent toutes les deux des briques en utilisant les terres d'excavation générées par les projets d'aménagement de leurs agglomérations respectives : Genève et Bruxelles. On retrouve dans leurs historiques de nombreuses similarités. En plus de s'appuyer sur un process d'approvisionnement similaire, on note que ces deux structures ont commencé de façon très raisonnable, avec des lignes de production très peu automatisées. Elles ont ensuite développé des partenariats avec des industriels de manière à produire en seulement quelques jours leurs stocks annuels tout en conservant leur ligne de démarrage. Terrabloc fait donc produire en l'espace de 10 jours par an l'essentiel de ses briques par vibro-compaction. Elle a d'abord mis en place un premier partenariat avec une usine implantée dans le bassin genevois qui fabrique des pavés de béton. Pour répondre à des projets encore plus importants et s'implanter en Suisse alémanique, une deuxième collaboration avec l'industriel Sébastian Müller (situé proche de Zurich) a été mise en place[11]. De son côté, BC materials s'organise avec différents partenaires industriels de manière à produire des briques moulées (briqueterie de terre cuite) et des briques compressées (fabricant de blocs béton)[12]. En diversifiant les partenaires, cela permet à l'entreprise de faire jouer la concurrence, de réduire sa dépendance et de proposer des produits avec des caractéristiques différentes. Pour que cela soit possible, il a fallu effectuer plusieurs essais de formulation et de techniques de moulage pour arriver aux performances souhaitées. Cependant, les lignes de production imposent aux deux entreprises certaines règles, à savoir le recours à une stabilisation à base de liant hydraulique à hauteur de 4 %. Chacun des pôles R&D poursuit ses recherches afin de pouvoir substituer cette stabilisation par un liant alternatif[13].

1.2. DE LA BRIQUE AU BLOC

La mise en œuvre de briques reste longue et fastidieuse pour les maçons peu habitués à en poser. Pour gagner du temps et ainsi diminuer les coûts, une des idées qui revient en premier chez les fabricants est d'augmenter le volume des briques afin

11.Table ronde « Utiliser la terre crue dans la construction : comment changer d'échelle ? », 2024.
12.BC materials, 2023.
13.AsTerre, 2022.

Figure 3. Production de brique via des partenariats industriels, 2023, Suisse.
© Terrabloc.

qu'elles remplissent une surface plus importante, ce qui diminue le nombre de briques à maçonner. Seulement, l'augmentation de la taille des briques se heurte rapidement au poids de celles-ci, qui deviennent très pénibles, voire impossibles à manipuler. Face à cette situation, deux réponses sont proposées, la première est de diminuer l'épaisseur des briques tout en augmentant sa surface de champ. Cela prend par exemple la forme de plaques épaisses maçonnées comme celle de Terrabloc : la « Terraplac » (40x25 sur 8 cm d'épaisseur), conçue pour être mise en cloison en doublage intérieur. Ces dernières sont allégées, cela permet de trouver un compromis entre grande surface de chant et poids acceptable (12,5 kg) pour être maniable et limiter la pénibilité du poseur. Cependant, à force de réduire l'épaisseur de l'élément, il est de plus en plus fragile et cassant, même avec l'ajout de fibres, et cela ne lui permet plus d'être considéré comme un système constructif autoportant.

La seconde approche est de changer d'échelle de produit et de proposer des blocs de grande dimension afin de pouvoir monter rapidement sur chantier des cloisons épaisses ou des murs porteurs. Ces blocs sont posés à la grue et reprennent les codes architecturaux des murs en pierres massives. Briques Technic Concept produit avec son impressionnante presse Novaterre (Fig.4) des blocs faisant 120x40 cm sur des épaisseurs de 30 ou 40 cm, soit des blocs d'environ 300 et 400 kg chacun. La fabrique est actuellement en développement pour produire 2 blocs simultanément de la même taille sur 20 cm d'épaisseur et proposer des cloisons intérieures tout en augmentant la productivité. On retrouve cette même stratégie chez Terrabloc avec leurs Terrapad existants en version S, M et L. Ces modules font 80 x15cm sur des épaisseurs de 10, 20 et 30 cm.

2. LA PRÉFABRICATION DES TECHNIQUES MONOLITHIQUES

2.1. LES BLOCS EN PISÉ

Les techniques de construction traditionnelles en terre crue, telles que le pisé et la bauge, sont connues pour nécessiter des temps de mise en œuvre et de séchage prolongés, entraînant des surcoûts significatifs. Ces coûts élevés sont dus à la nécessité de main-d'œuvre spécifique et qualifiée, surtout pour les techniques monolithiques traditionnelles. En revanche, la construction de maçonneries en briques crues est similaire à celle des briques cuites, ce qui explique pourquoi les entreprises de maçonnerie conventionnelles réalisent souvent des chantiers avec ces matériaux. Pour les techniques comme le pisé, elles font généralement appel à des sous-traitants spécialisés. Cependant, certaines entreprises généralistes déploient leurs propres équipes avec l'aide d'artisans spécialisés indépendants. Bien que la multiplication des formations puisse atténuer ce problème, les résultats ne seront visibles que sur le long terme, ce qui ne répond pas à l'urgence de transition actuelle. Or, de plus en plus nombreux sont les architectes qui apprécient l'esthétique du pisé, ce qui entraîne une demande croissante. En réponse à ces défis, certains artisans et entrepreneurs se tournent vers la préfabrication d'éléments en pisé, réduisant ainsi la complexité et les délais sur les chantiers. C'est en 1986 que Nicolas Meunier, artisan piseur basé dans le Forez (42), va pour la première fois recourir à la préfabrication sur site de blocs en pisé. Il réitérera plusieurs fois l'expérience avant d'inaugurer en 2018 une station foraine de préfabrication de blocs mis en œuvre à l'aide d'un compacteur aérien élaboré deux ans

Figure 4. Production de blocs compressés de Briques Technic Concept, 2023, Graulhet (81).
© Julien Nourdin.

auparavant[14]. Ce procédé de fabrication permet de diminuer la pénibilité de mise en œuvre et diminue le port de charge lourde : les blocs sont assemblés à l'aide d'une pince de levage.

Reprenant cette idée, l'Autrichien Martin Rauch, avec son entreprise Lehm Ton Erde, va être le premier à préfabriquer des murs en pisé de façon industrielle dans son atelier à partir de 1996 afin de répondre à une commande qui doit être livrée en hiver. En 2012, il fera évoluer cette activité en construisant une ligne de production capable de répondre à l'immense projet de la halle Ricola à Laufen. Le principe de celle-ci est de fabriquer un mur rectiligne de 50 mètres de long, compacté par un automate appelé Roberta, et de le découper en modules. Ce mode de mise en œuvre reste néanmoins coûteux puisque le masquage des jonctions entre les modules peut-être extrêmement long, cela permet surtout de pouvoir façonner l'essentiel des murs à l'abri dans des conditions favorables pour la matière[15]. Sa chaine de production ayant fait ses preuves pour la réalisation de chantier d'envergure dépassant les 1000 mètres carrés de mur, le groupe français Eiffage lui a récemment acheté une ligne de production.

Depuis 2022, l'entreprise Terrio fabrique des blocs de mur en pisé, proches du gabarit des mégablocs de terre compressée produits par Briques Technic Concept. Ils sont plus facilement ajustables que ceux de Martin Rauch grâce à des dimensions moins importantes : 120x80 pour 30 ou 40 cm d'épaisseur avec un poids de 630 kg contre 1300 kg pour Lehm Ton Erde. Terrio a rapidement fourni des chantiers importants et ses blocs s'avèrent facilement appropriables auprès des entreprises de construction conventionnelle (Fig.5). L'entreprise a recours à un processus semi-industriel et souhaite l'automatiser lorsque la demande sera plus importante et plus stable.[16]

2.2. LA TERRE COULÉE COMME ÉVOLUTION AU PISÉ

Le développement de la technique de la terre coulée s'inscrit dans la même lignée, offrant une alternative au pisé en réinterprétant le béton de ciment banché. Cette méthode novatrice se distingue par sa rapidité, sa facilité de mise en œuvre et sa capacité à être largement diffusée, car les compétences requises pour le coffrage et le coulage sont similaires. Traditionnellement réalisée in situ avec l'ajout d'un liant hydraulique, cette technique a notamment été expérimentée par le groupe alsacien Fehr pour un projet à Paris en 2022 (Fig.6). L'approche consiste à préfabriquer des modules en terre coulée dans les ateliers, sans nécessité de stabilisation. Ces modules, semblables aux blocs compressés et au pisé, sont ensuite installés à l'aide d'une grue. Bien que le processus ait rencontré des défis, son potentiel prometteur incite à poursuivre les recherches et les expérimentations autour de cette innovation.

Depuis la mise en place de la RE 2020, le confort d'été ainsi que l'impact environnemental des produits sont désormais pris en compte dans le processus de conception d'un projet et ne doivent pas dépasser certains quotas. Les entreprises de charpente préfabriquant des murs à ossature bois se retrouvent donc à devoir ajouter de la masse dans leurs complexes afin d'atteindre ces nouvelles exigences. C'est dans ce contexte que la multinationale Saint-Gobain propose une réponse en

14.Meunier, 2016.
15.Bengana, 2024.
16.Table ronde « Utiliser la terre crue dans la construction : comment changer d'échelle ? », 2024.

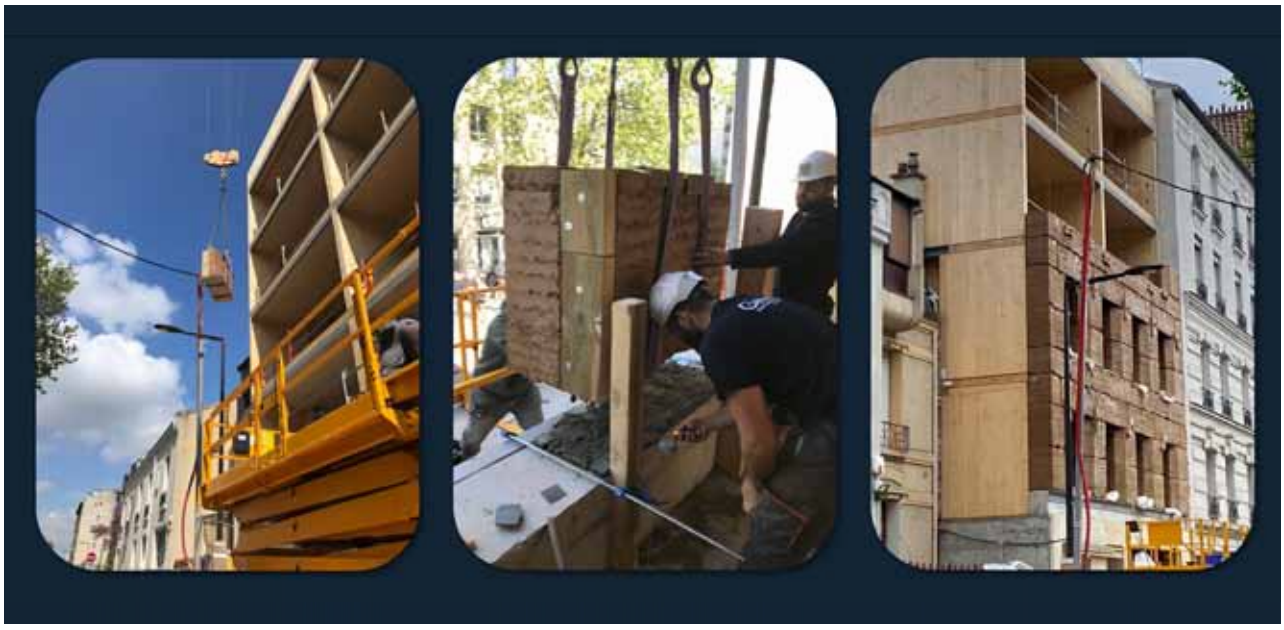


Figure 5. Mise en œuvre des blocs en pisé préfabriqué par l'entreprise Terrio, 2023, Boulogne-Billancourt (92).
© Terrio.

Figure 6. Mise en œuvre des murs préfabriqués en terre coulée par l'entreprise Fehr, 2023, Paris (75).
© Ferh Group.

formulant un mélange Terlian, composé de terre d'excavation (inférieur à 100 km), de copeaux de bois et d'un liant (7 à 10 %) constitué de chaux (~10 %) et de laitiers de hauts fourneaux. Cette solution « intégrale » pourrait être rapidement diffusée grâce au réseau de distribution Point.P que possède le groupe. Le mélange pourrait être préparé et coulé dans les 2000 entreprises réalisant ces éléments en France. Même si ce produit n'en est encore qu'à ses balbutiements et qu'il doit encore être perfectionné, il vient d'ores et déjà répondre aux problématiques de confort d'été des ossatures bois. Cependant, beaucoup d'acteurs de la filière mettent en doute le réel caractère vertueux du matériau et critiquent le fait que l'industrie lourde investisse ce champ de la construction.

3. LA DÉMOCRATISATION DES PRODUITS DE FINITION EN TERRE CRUE

Certaines techniques en terre crue viennent également se positionner sur le marché des matériaux utilisés en finition intérieure. Là aussi, les fabricants cherchent à substituer les produits conventionnels ayant un bilan environnemental défavorable par des solutions plus vertueuses apportant davantage de confort dans les espaces. Les enduits de finition à base d'argile représentent actuellement le plus important marché de la filière[17]. L'entreprise Défi - Houillères de Cruejouls, implantée à proximité de St Marcelin (38), en est l'un des plus importants fabricants. Elle propose une large gamme chromatique d'enduits terre (Argil déco®)[18]. Afin d'assurer des teintes constantes et reproductibles, les mélanges sont issus d'une formulation comportant du kaolin blanc et des sables fins apportant la couleur. Cela donne lieu à une première gamme de couleurs qui forme un socle de base. L'ajout de pigments (minéraux ou synthétiques) à l'un des mélanges lors de la réalisation permet de décupler les possibilités en matière de teintes, de manière à s'adapter aux goûts des clients sans pour autant complexifier la préparation de ces produits. L'entreprise s'est dotée d'un malaxeur à grande capacité (Fig.7), capable de préparer 4 tonnes de mélange par heure. Celui-ci a été acheté d'occasion et sert également à la préparation d'autres produits relativement similaires : des enduits de revêtement à base de chaux ou de ciment. Sa capacité de production est telle que la ligne ne tourne pas tous les jours. Le fait d'avoir une machine directement surdimensionnée permet de répondre ponctuellement et rapidement à une demande importante. L'entreprise est également en capacité de suivre l'évolution du marché et de pouvoir directement se positionner selon la demande. C'est d'ailleurs ce qu'elle a fait lorsqu'elle a conclu un contrat avec l'Entrepôt du Bricolage, l'un des majors de la distribution de matériaux de construction en France[19]. L'entreprise n'a donc plus à se soucier de la préparation avant longtemps, elle doit cependant assurer ses approvisionnements ainsi que le stockage des produits en cas d'expansion soudaine du marché.

Figure 7. Ligne de production de sac d'enduit de finition Argil déco, 2022, Chatte (38).
© DEFI.

L'entreprise Wem basée en Allemagne non loin de Coblence produit depuis 25 ans des panneaux en terre ayant pour ambition de remplacer les plaques de Placoplatre tout en permettant une pose tout aussi simple (Fig.8). En proposant ce produit, elle répond aux méthodes et cultures constructives contemporaines. L'entreprise a su se démarquer de ses concurrents nationaux en devenant leader dans les panneaux chauf-

17.AsTerre, 2022

18.Table ronde « Utiliser la terre crue dans la construction : comment changer d'échelle ? », 2024

19.Entretien et visite de Défi - Houillères de Cruejouls avec le directeur de production, décembre 2022, Chatte (38)

fants et rafraîchissants. En effet, dans une épaisseur de 2,5 cm, des tuyaux en attente sont noyés et au moment de l'installation, les tubes sont raccordés les uns aux autres de manière à former une surface thermique active. Ces panneaux peuvent être disposés en façade (mur ou cloison) voire même en plafond et sont ensuite recouverts par un enduit de finition. Étant un produit à haute valeur ajoutée, le prix plus élevé est plus simple à justifier pour les concepteurs. Ce système est reconnu pour le confort qu'il confère en répartissant la chaleur de façon homogène et en la prolongeant dans le temps grâce à son inertie. De plus, l'entreprise a fait construire un nouveau hangar pour sa production et son stockage en y intégrant une centrale de cogénération au gaz mêlée à une installation photovoltaïque lui permettant de sécher les panneaux. Ces investissements ont permis de diminuer leurs consommations de 40 %. En France, Argilus et la fabrique Cycle Terre proposent elles aussi des panneaux en terre, cette fois-ci sans système intégré. Ces solutions semblent extrêmement prometteuses au vu des demandes, mais la ligne de production de Cycle Terre n'est pas encore aboutie, et les freins concernant le séchage doivent encore être levés.

Figure 8. Installation de panneaux chauffant en terre Wem, 2020, Allemagne.
© Wem Wandheizung.

CONCLUSION

Cette réflexion met en lumière la diversité des stratégies adoptées par les acteurs impliqués dans la production de matériaux en terre crue. Malgré leurs différences, et leurs niveaux d'avancement, on retrouve de nombreuses similitudes, comme leur volonté de démocratiser l'usage des matériaux en terre. Pour ce faire, ces sociétés tentent d'améliorer la productivité de leurs chaines en recourant à des partenariats, en développant de nouvelles activités dans des structures existantes et/ou en cherchant des soutiens financiers, tout en développant des matériaux et/ou des techniques innovantes plus appropriées aux attentes et aux savoir-faire des artisans d'aujourd'hui. On remarque qu'historiquement ces adaptations et innovations ont d'abord été motivées par un souci d'abaisser la pénibilité puis de gagner en productivité. De nos jours, ces démarches s'appuient principalement sur une prise en compte globale des paramètres économiques de manière à diminuer les coûts et ainsi être compétitif vis-à-vis des autres matériaux. Ces démarches de changement d'échelle ne doivent cependant pas conduire à la création de nouvelles industries lourdes dont les productions centralisées deviennent vite peu efficaces dans la perspective d'une bonne gestion des ressources de notre planète. L'idée est plutôt d'envisager le développement de la filière par une multitude de solutions dont la voie la plus productive serait l'implantation de petites unités de production réparties sur le territoire, créant ainsi un maillage géographique et de nombreux écosystèmes d'acteurs. Ces entreprises doivent chercher un entre-deux de manière à être viable économiquement, avec des rendements importants, tout en étant vertueux tant envers les humains qui opèrent les machines et manipulent les matériaux qu'envers l'environnement. Cela permettrait aussi de rester proche des carrières d'approvisionnement et de livraison garantissant l'essor d'une économie circulaire.

Dans cet article, nous nous sommes focalisés sur les modes de production et de mise en œuvre de matériaux en terre crue ainsi que sur les critères économiques qui en dépendent. On note que les entreprises considérées réalisent souvent d'autres activités connexes afin d'assurer leurs marchés et d'être actives dans la démocratisation de l'utilisation de cette matière. Elles accordent une attention particulière à leur communication, en développant des sites web soignés et en participant à divers salons et événements locaux. Parallèlement, elles organisent des formations pour les professionnels et les particuliers, soit dans leurs locaux soit via leurs distributeurs. Actuellement, les techniques de construction en terre crue sont encore considérées comme non courantes du point de vue réglementaire, ce qui constitue l'un des principaux obstacles que ces entreprises s'efforcent de surmonter. Elles contribuent activement à l'élaboration de règles professionnelles et s'engagent dans des processus de certification et de documentation, comme les Atex de type A et les fiches FDES. Pour enrichir davantage cette analyse, il serait pertinent d'examiner les investissements réalisés dans les domaines de la communication, de la formation et de la réglementation. De plus, l'exploration des formes juridiques et des montages financiers est à explorer à l'avenir, notamment par des économistes, des juristes ou des spécialistes de la gestion.

BIBLIOGRAPHIE

AE&CC ENSAG, (2024). Table ronde « Utiliser la terre crue dans la construction : comment changer d'échelle ? ». Disponible sur : < https://www.youtube.com/watch?v=mMrfZBLArNg >

ANTOINE, A-L. et CARNEVALE, E., (2016). Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 : Pourquoi et comment les acteurs construisent avec ce matériau aujourd'hui ? Grenoble : ENSAG. 183 p.

ASTERRE, (2022). « 8e assises nationales de la construction en terre crue ». Disponible sur : < https://www.asterre.org/a-propos/videos-des-conferences-sur-la-page-des-8emes-assises-nationales-de-la-construction-en-terre-crue >

ARGILUS, (2024). « Enduits Terre et Matériaux écologiques ». Disponible sur : < https://www.argilus.fr/ >

BC MATERIALS, (2023). « Earth block masonry | BC materials». Disponible sur : < https://bcmaterials.org/products/earth-block-masonry >

BENGANA, A., (2024). « Les nouvelles voies de la préfabrication terre | Espazium ». Disponible sur : < https://www.espazium.ch/fr/actualites/les-nouvelles-voies-de-la-prefabrication-terre >

BRIQUETERIE CAPELLE, (2024). « Briques de décorations cuites ou crues à l'ancienne ». Disponible sur : < https://www.briqueterie-capelle.fr/ >

CORBET TERRES CUITES, (2024). « Réalisations de briques ». Disponible sur : < http://www.corbet-terrescuites.fr/brique.php >

CYCLE TERRE, (2024). « Les acteurs ». Disponible sur : < https://www.cycle-terre.eu/cycle-terre/les-acteurs/ >

GASNIER, H., (2019). Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable. Grenoble : CRAterre-ENSAG. 421 p.

LEYLAVERGNE, E., (2012). La filière terre crue en France, Enjeux, freins et perspectives. Grenoble : CRAterre-Ensag. 152 p.

MEUNIER, N., (2016). « Nos innovations ». Disponible sur : < http://www.construction-pise.fr/-Nos-innovations- >

TERRES CUITES D'OCCITANIE, (2022). « Terre Crue - Matériau Écologique pour Construction Durable ». Disponible sur : < https://terrescuitesoccitanie.com/terre-crue/ >

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Julien NOURDIN est en troisième année de doctorat au sein de l'UR AE&CC (équipe CRAterre) à l'ENSAG-UGA, il travaille sur le développement de la filière terre. Ce sujet s'inscrit dans la continuité de son cursus d'architecte, achevé en 2021 à l'ENSAG. Durant son Master, il a réalisé deux stages de recherche et a participé au designbuildLAB.

Thierry JOFFROY est architecte DPLG, chercheur à l'ENSAG-UGA, et actuellement directeur de l'Unité de recherche AE&CC et de l'équipe CRAterre. Après avoir longuement été actif sur le terrain, réalisant nombre de projets de recherche-action en France et à l'étranger, il est désormais détenteur d'une HDR (Habilitation à diriger les recherches) et à ce titre encadre plusieurs thèses, essentiellement sur des thèmes liés à l'architecture de terre avec pour certaines des co-encadrements assurés par des collègues de l'Université de Grenoble.

ANNEXES

Enquêtes de terrains effectuées en complément des tables rondes : 8e assise d'AsTerre en 2022 ainsi que de celle réalisée aux Grands Ateliers en 2024 « Utiliser la terre crue dans la construction : comment changer d'échelle ? ».

Date	Visite de l'entreprise	Entretien
28/04/2022	Cycle Terre	X
08/12/2022	Akterre	Thierry Mallet *Responsable de production*
08/12/2022	DEFI - Houillères de Cruejouls	*Un des cogérants*
04/07/2023	WEM Wandheizung	X
10/07/2023	Terrio	Vincent Pierre Freudenriech *Un des cogérants*
11/10/2023	Brique Technic Concept	Étienne GAY *Gérant*

Promotion DSA-Terre 2018-2020 © B. Rakotomamonjy

THEME 6

CARACTÉRISATION – NORMALISATION

CHARACTERIZATION – STANDARDIZATION

CARACTERIZACIÓN - NORMALIZACIÓN.

CRÉATION D'UN PROTOCOLE D'ESSAI QUANTITATIF POUR L'AIDE À L'ANALYSE DE TERRES.

Leonardo EGAS, Architecte HMONP, gérant du bureau d'études BETerre, Univ. Grenoble Alpes,/CNRS/ Grenoble INP*/ 3 SR (leo.egas@be-terre.fr)
Eugénie CRÉTÉ, Ingénieur ECP, chargée de projet au sein de l'association CRAterre (e.crete@craterre.org)
Trong DO HIEP, architecte. (hiep.bobo@nado.com.vn)
Anna CHO, Ingénieure génie civil. (anna.cho@grenoble.archi.fr)
Zélie DELORME, étudiante en architecture à l'ENSAG (delorme.z@grenoble.archi.fr)
Martin POINTET, Architecte DPLG, maître de conférences ENSA Grenoble, chercheur dans l'unité de recherche AE&CC équipe CRAterre, associé au bureau d'étude BETerre. (pointet.m@grenoble.archi.fr)

RÉSUMÉ :

La caractérisation de terres est une étape fondamentale dans le processus de construction utilisant la terre crue. L'utilisation de terres locales implique de travailler avec une grande diversité de matières premières, et demande la réalisation de nombreux essais pour comprendre et caractériser ces ressources (BAE 2013).

Cette recherche propose un protocole d'essai pour l'estimation de la cohésion sèche des terres qui soit quantitatif, facilement reproductible et accessible à plusieurs publics. Le protocole proposé s'appuie sur la sollicitation en flexion d'échantillons prismatiques. Les dimensions ont été établies de façon à obtenir une discrimination satisfaisante des différentes terres et une facilité de mise en œuvre de l'essai. Plusieurs variables ont été étudiées pour la préparation des échantillons comme la granulométrie et la teneur en eau, de façon à obtenir une répétabilité et une reproductibilité satisfaisante. Cette première étape de caractérisation permet de comparer la terre étudiée avec différentes terres de référence déjà étudiées en fonction des caractéristiques de matériaux de construction obtenus.

À travers cet article, nous montrons comment cet essai nommé « Protocole EGAS » peut devenir un bon outil pour l'aide à la caractérisation des terres en phase préliminaire, facilitant ainsi l'utilisation des ressources locales dans les projets de constructions en terre crue.

1. PROBLÉMATIQUE ET ÉTAT DE L'ART

Les essais de caractérisation des terres réalisés en laboratoire s'appuient sur des protocoles et des grilles d'analyse développés avec une approche géotechnique. Leurs résultats ne sont pas directement interprétables pour une analyse des terres pour la production de matériaux de construction. Ils nécessitent par ailleurs des équipements spécifiques qui ne sont pas transportables au plus près de la ressource et ont un délai et un coût qui ne sont pas toujours en adéquation avec les moyens disponibles pour les projets. Les essais de terrain ont donc été développés pour pouvoir établir une première évaluation des terres pour la construction, à moindre coût, moindre délai et sur site (Houben et al, 2006). L'étude réalisée par Le Paih (2013) illustre la diversité de ces essais en confrontant les pratiques de 22 professionnels de la terre crue. De nombreux essais cherchent à évaluer la nature et l'activité des argiles. Quatre permettent plus spécifiquement d'appréhender le pouvoir cohésif de la terre, en modelant ou moulant de la terre à l'état plastique : le test dit du cigare (Keable, 1996), celui du ruban (Wolfskill, 1960, et ASTM E2392), celui du cordon mince et de la boulette (Martin Neves, 2011) et celui de la pastille (Boubekeur, 2000), assez proche du test de la boule décrit dans ASTM E2392.

Ces derniers permettent d'évaluer la cohésion sèche de la terre. Il consiste à casser à la main un disque de terre de 5 cm de diamètre moulé à l'état plastique puis séché. Malgré sa faci-

lité de réalisation, l'essai n'est pas accessible à un large panel d'acteurs, car l'interprétation des résultats doit être réalisée par un opérateur expérimenté qui pourra estimer cette cohésion de façon subjective, sur la base d'une comparaison entre différentes terres qu'il aura préalablement testées. Il est donc difficile à exploiter dans un contexte où construire en terre n'est plus l'affaire de quelques professionnels expérimentés et où il est demandé de pouvoir traduire des jugements sensoriels et subjectifs en données quantifiables obtenues à l'aide de protocoles d'essais jugés robustes.

Les essais visant à estimer la cohésion sèche de la terre nécessitent un délai de séchage de l'échantillon, mais fournissent une information plus facile à relier aux performances mécaniques des matériaux par rapport aux essais portant sur la cohésion humide. Pour minimiser ce délai de séchage, ces essais ont souvent été développés en travaillant la fraction la plus fine de la terre. Une taille d'échantillon plus importante augmente certes le délai de séchage, mais permet de travailler sur une terre dont le squelette granulaire est peu ou pas modifié. De plus, la forme de l'échantillon et en particulier son élancement influent sur la facilité à le casser. Les essais à la flexion sont considérés comme une base de travail intéressante, car ils nécessitent d'appliquer des charges à la rupture relativement faibles et peuvent donc être réalisés sans presse, sur chantier, en utilisant des outils basiques (par exemple NZS 4298-1998).

La méthodologie proposée est une adaptation de la norme NF EN 1015-11 qui s'applique aux mortiers de maçonnerie usuels, et vise à les caractériser via la détermination de leur résistance à la flexion. Une campagne d'essai réalisée selon cette norme sur un mortier de terre crue (CTMNC, 2020) a obtenu un coefficient de variation (CV) de 11 % avec répétition de la mesure sur 6 échantillons. Cet objectif de répétabilité a été jugé en adéquation avec la proposition d'un protocole permettant une première analyse, plus rapide et moins coûteuse que les tests de laboratoire, pour pré-caractériser une terre.

Ce protocole devra donc respecter les principes suivants :

- La production des échantillons doit limiter les modifications de la matière première ;
- Le protocole d'essai doit s'appuyer sur des outils basiques faciles à trouver, à transporter et bon marché ;
- La répétabilité de l'essai doit être satisfaisante (objectif de 10 % de coefficient de variation). Un plus grand nombre d'échantillons de terre pourra être testé, ce qui permettra de pallier les éventuels défauts d'exécution facilités par la simplicité du protocole ;
- L'essai doit pouvoir être réalisé par un grand nombre d'acteurs, sans nécessiter une grande expérience dans l'analyse de terres. La reproductibilité de l'essai doit être cohérente avec le coefficient de variation objectif ;
- Les résultats doivent être exprimés de manière quantitative pour faciliter les interprétations et comparaisons entre terres ;
- Les résultats d'essais doivent permettre de discriminer des terres plus ou moins cohésives ;
- Le délai d'obtention des résultats (y compris production et séchage des échantillons) doit être compatible avec les pratiques professionnelles usuelles (de l'ordre d'une dizaine de jours).

2. DESCRIPTION DU BANC D'ESSAI ET PROTOCOLE DE RÉALISATION DE LA MESURE

Le banc d'essai doit être suffisamment simple pour être reproduit sur un chantier sans avoir besoin d'outils et d'équipements de laboratoire. Il a été conçu pour être adapté aux dimensions des échantillons et au mode opératoire d'une flexion à 3 points horizontale avec chargement par un seau de sable. (Fig. 1)

Les deux appuis de réaction inférieurs sur lesquels l'échantillon est placé sont écartés de 210 mm entre-axe et fixés sur un support rigide d'au moins 600 mm de longueur. L'anse d'un seau de 20 litres doit être posée sur le support supérieur en bois

Figure 1. Deux bancs d'essais, à gauche support métallique et à droite support en bois.
© Leonardo Egas

ou métal formé par deux demi-cylindres écartés de 10 mm entre-axe. Les zones de contact entre les appuis (inférieurs ou supérieurs) et l'échantillon sont arrondies. Leur longueur (au moins 60 mm) permet d'avoir une bonne distribution de la charge sur toute la profondeur de l'échantillon. On doit centrer le prisme aux appuis inférieurs et centrer l'appui supérieur au centre du prisme. Le seau ne doit toucher ni le sol ni les appuis latéraux. (Fig. 2)

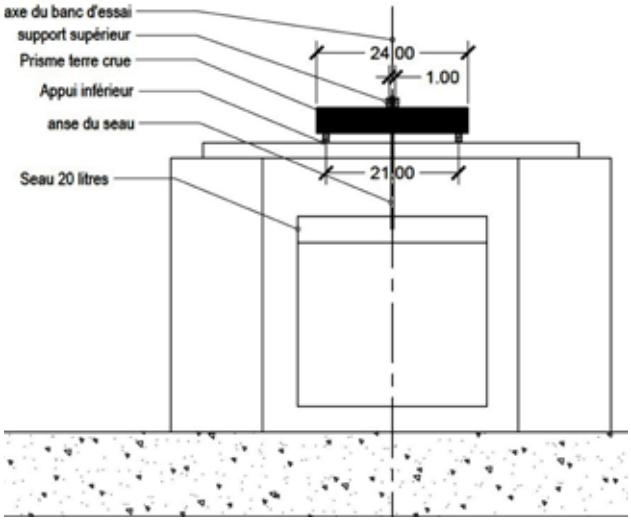


Figure 2. Dessin du schéma de banc d'essai.
© Leonardo Egas

Un deuxième seau pour le chargement est nécessaire, dont le fond est percé d'un trou de diamètre environ 40 mm pour permettre au sable de s'écouler avec un débit de 1 kg de sable par seconde (vitesse de chargement recommandée par la norme NF EN 1015-11). Un tube de diamètre 100 mm et longueur 300 mm doit être fixé à 20° environ à la sortie du trou pour pouvoir diriger le sable vers le centre du seau suspendu. Le tube est équipé d'un système de trappe de fermeture permettant d'arrêter rapidement l'écoulement de sable.

2.1. PROTOCOLE DE RÉALISATION DE L'ESSAI

Avant installation dans le banc d'essai, le prisme doit être mesuré dans les trois directions, pesé et photographié. On centre le prisme sur les appuis inférieurs et on pose le support supérieur au centre du prisme avec le seau vide suspendu sur le support supérieur. On charge le seau supérieur avec du sable fin et sec avec la trappe du seau en position fermé. Une fois le seau supérieur rempli, on ouvre la trappe pour que le sable s'écoule dans le seau inférieur à une vitesse de 1 kg par seconde. On referme immédiatement la trappe à la rupture de l'échantillon. On mesure la masse suspendue (seau et sable) que l'on peut convertir en résistance à la flexion (voir paragraphe Interprétation des résultats). Nous préconisons la réalisation de la mesure sur minimum six échantillons.

Dans le cas où les six premiers échantillons testés ont une rupture à une masse supérieure à 20 kg, il est possible de débuter le chargement avec un seau préchargé à 10 kg pour la réalisation des quatre mesures supplémentaires.

2.2. VALIDATION DU BANC D'ESSAI

Pour vérifier la fiabilité des résultats du banc d'essai proposé, nous avons réalisé une série d'échantillons de mortier en terre crue (mélange terre et sable) qui ont été essayés à flexion selon la norme NF EN 1015-11 « Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie » sur une presse hydraulique de laboratoire et une deuxième série d'échantillons avec le même mortier essayés avec le banc d'essai créé selon le protocole établi. Les essais en laboratoire ont été réalisés par le CTMNC (rapport d'essais n° 2334020028_10) sur six échantillons de dimensions 40 mm x 40 mm x 160 mm. La résistance moyenne à la flexion est de 0,8 MPa avec un CV (coefficient de variation) de 11 %. Les résultats obtenus par la réalisation du protocole EGAS sur dix prismes de dimensions 40 mm x 40 mm x 240 mm avec le même mélange de mortier donnent la même moyenne de 0,8 MPa avec un CV de 6 %.

3. PROTOCOLE DE PRODUCTION DES PRISMES

Pour établir le protocole de production des échantillons, nous avons étudié les variables suivantes : dimensions des échantillons, tamisage préalable de la terre, et teneur en eau à la mise en œuvre. Leur impact a été estimé sur deux paramètres : la résistance à la flexion de l'échantillon obtenu et son retrait au séchage. En effet, la mesure du retrait au séchage s'avère importante pour l'estimation de la résistance à la flexion.

3.1. INFLUENCE DU RETRAIT SUR LE RÉSULTAT OBTENU

La masse suspendue à la rupture dépend de la cohésion sèche de la terre, mais aussi des dimensions de l'échantillon. Or ces dimensions varient entre l'étape de moulage des échantillons et la réalisation de l'essai lui-même, après séchage des échantillons. Cette variation est due au retrait de la terre au séchage.

Cette variation dimensionnelle a été mesurée sur une vingtaine de terres de caractéristiques différentes. Le retrait maximal constaté pour une terre non remaniée est supérieur à 10 % sur les plus petites dimensions, avec un prisme de largeur 35 mm après séchage (contre 40 mm au moulage), soit une réduction de 25 % de la surface sollicitée lors de l'essai. On doit mesurer le retrait linéaire (la longueur) et de la section du prisme avec une précision millimétrique. Il est donc primordial de minimiser le retrait lors du séchage des échantillons pour faciliter l'interprétation des résultats, en altérant la dimension des échantillons (et donc le tamisage préalable nécessaire) et la teneur en eau du mélange au moulage.

3.2. MASSE SUSPENDUE À LA RUPTURE ET DIMENSIONNEMENT DES ÉCHANTILLONS

La charge maximale à suspendre a été fixée à 30 kg, de façon à limiter la pénibilité et les risques pour l'opérateur. Cette masse est atteinte en utilisant un seau de 20 litres avec une charge de sable sec.

Nous n'avons pas déterminé une valeur minimale, cependant nous estimons que les prismes cassés avec de faibles poids (environ 5 kg) peuvent avoir des coefficients de variation plus importants à cause du délai de fermeture manuelle de la trappe.
Des premiers essais sur des prismes de 40x40x160 mm n'ayant pas permis d'atteindre la rupture sous une charge de 30 kg, nous avons ajusté les dimensions des éprouvettes de la norme NF EN 1015-11 en les allongeant à 240 mm.

3.3. RAPPORT DIMENSIONS DE GRAIN/DIMENSION DE L'ÉCHANTILLON.

Dans les essais de terrain proposés actuellement, comme le test de la pastille, les résultats sont représentatifs seulement des fractions fines de la terre, car la terre est tamisée entre 0,08 mm et 0,4 mm.

Un tamisage de la terre est nécessaire pour éviter que des grains trop gros n'induisent des fragilités dans l'échantillon, ce qui réduirait la répétabilité de l'essai. On cherche toutefois à conserver le spectre le plus large de grains pour avoir des résultats qui soient représentatifs des propriétés de la terre non tamisée et éviter des retraits trop importants au séchage.

Deux paramètres ont été mesurés pour déterminer le diamètre de tamisage de la terre : la résistance à la flexion de l'échantillon (Fig. 3) et le retrait au séchage (Fig. 4).

Tous les prismes ont été réalisés avec la même terre (contenant des grains entre 0 à 31,5 mm) à la même teneur en eau. Six différents tamisages ont été utilisés pour réaliser six séries d'échantillons, chaque série comportant six échantillons identiques. Les résultats présentés dans les figures 3 et 4 sont donc des moyennes calculées par série, sur la base de six mesures.

Plus le diamètre de tamisage est faible, plus la proportion d'argiles du mélange est élevée. Ceci induit une résistance à la flexion et un retrait plus importants de l'échantillon.
Le tamis à utiliser a donc été fixé à 10 mm, soit un rapport de ¼ entre le plus gros grain et la plus petite dimension du prisme.

Figure 3. Tableau contrainte de rupture à la flexion/différents tamisages.
© Leonardo Egas

Figure 4. Tableau de la variation du retrait avec différents tamisages.
© Leonardo Egas

3.4. PLASTICITÉ DE MISE EN ŒUVRE/TENEUR EN EAU

Une étude a été faite pour évaluer l'influence des variations de teneurs en eau de la terre au moment de la fabrication des échantillons sur leurs résistances mécaniques et le CV.
Les résistances moyennes et retraits moyens ont été mesurés sur trois séries de six échantillons, préparés à partir de la même terre tamisée à 10 mm et à des teneurs en eau différentes. Le contrôle de la régularité de la teneur en eau de mise en œuvre a été réalisé grâce à un essai de lâcher de boule tel que décrit par Houben et al (2006). L'essai consiste à réaliser 3 boules de 50 mm de diamètre et à les lâcher d'une hauteur de 1 m. On mesure le diamètre de la boule après impact au sol. Plus la teneur en eau de la boule est importante, plus son diamètre après impact est important. Cet essai a été sélectionné en lien avec sa facilité d'exécution et l'obtention immédiate de résultat (plus adaptée au chantier). De plus, sa précision est en phase avec la précision souhaitée pour avoir une répétabilité suffisante de l'essai (CV<10 %) et permet d'avoir une régularité et comparabilité de résultats.

La teneur en eau de la terre lors de la production des échantillons a une influence sur la résistance à la flexion de l'échantillon et sur son retrait au séchage, comme le montrent les figures 5 et 6.

Figure 5. Tableau contrainte de rupture à la flexion/différentes teneurs en eau.

© Leonardo Egas

Figure 6. Tableau de la variation du retrait/différentes teneurs en eau.

© Leonardo Egas

Une production des échantillons avec une teneur en eau trop faible ne permettra pas une activation satisfaisante des argiles, avec une résistance à la flexion plus faible (0,9 MPa) et un CV plus important (11 %). Une teneur en eau trop élevée aboutit à un échantillon de plus faible densité, un temps de séchage plus long et des déformations de retrait plus importantes (4,4 %), un CV de 6,8 % et une résistance à flexion de 1,1 MPa. Les échantillons préparés avec une terre dont la boule avait une déformation de 80 mm après impact ont présenté une performance à la résistance à flexion de 1,25 MPa, le plus petit coefficient de variation (4 %) et un séchage et retrait moyen (3,9 % de retrait).

Le protocole préconise donc l'utilisation d'une teneur en eau constante pour la production des prismes, avec un contrôle réalisé par le test du lâcher de boule et un diamètre après impact de 80 mm (pour un diamètre initial de boule de 50 mm) avec une précision de plus ou moins 5 mm.

3.5. MOULAGE DES PRISMES

Les prismes ne doivent pas présenter de défauts majeurs tels que vides, bulles d'air ou fissures. Ainsi la mise en œuvre doit être soignée et le moulage doit être réalisé en remplissant tout le moule et en insistant sur les angles. Le contrôle de la présence de vides et fissures se fait visuellement au démoulage et après le séchage. Après la rupture des prismes, on peut également vérifier la présence d'un point de fragilité sur la surface où la rupture s'est produite et écarter la valeur obtenue de la série de mesure le cas échéant.

Les moules doivent être réalisés avec des matériaux résistants à l'eau et non absorbants pour faciliter le démoulage. Les moules ne doivent pas avoir de fond. La surface de moulage doit être plane, propre et recouverte par un film plastique de façon à permettre un retrait homogène de l'échantillon et limiter ses déformations au séchage. L'utilisation d'un couvercle amovible permet un démoulage sans déformations initiales de l'échantillon.

3.6. SÉCHAGE DES ÉCHANTILLONS

Le séchage accéléré des échantillons pourrait augmenter le retrait et influencer leur résistance mécanique. Le protocole préconise un séchage naturel (à l'abri du vent et du soleil en espace protégé) qui peut durer entre 4 à 10 jours environ selon conditions climatiques. L'échantillon est considéré sec lorsque sa masse se stabilise entre deux pesées consécutives.

4. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS OBTENUS

4.1. ANALYSE DE LA RÉPÉTABILITÉ ET DE LA REPRODUCTIBILITÉ DE L'ESSAI

Des analyses de la répétabilité et de la reproductibilité de l'essai ont été réalisées. Pour cela, deux séries de 10 échantillons ont été testées, préparées avec la même terre (tamisée à 10 mm) et avec la même teneur en eau de consigne (évaluation par essai de la boule avec un diamètre de 80 mm après chute en objectif). Chaque série a été produite et mesurée (réalisation du mélange, ajustement de la teneur en eau, moulage des prismes, manipulation du banc d'essai) par un opérateur différent, nommé A et B dans le cadre de cet article.

Pour l'opérateur A, nous avons une moyenne de résistance à flexion de 1,6 MPa avec un écart type de 0,1 MPa (valeur maximale de 1,9 MPa et minimale de 1,3 MPa) ce qui nous donne un coefficient de variation de 9 %. Pour l'opérateur B, nous avons une résistance à flexion moyenne de 1,6 MPa avec un écart type de 0,1 MPa (maximale de 1,8 MPa et minimale de 1,5 MPa) ce qui nous donne un coefficient de variation de 3 %.
Au sein de chaque série, le CV est inférieur à 10 %, ce qui correspond aux objectifs de répétabilité de l'essai. La résistance moyenne à la flexion est la même pour la série de mesures de l'opérateur A et B, ce qui montre une bonne reproductibilité. On note que le CV de la série B est plus faible que celui de la série A.

4.2. CARACTÈRE DISCRIMINANT DE L'ESSAI

Afin de vérifier le potentiel de discrimination des terres par cet essai, nous avons réalisé six séries de mesures sur échantillons préparés avec des terres de cohésion variable. Pour cela, nous

avons utilisé deux terres (A et B), que nous avons utilisées soit pures, soit avec un dosage de 1 volume de terre pour 2 volumes de sable (nommé « 1T/2S ») soit avec un dosage de 1 volume de terre pour 4 volumes de sable (nommé « 1T/4S »). La terre pure A est une terre argileuse (90 % de fines, dont 25 % d'argiles et VBS de 2,28), le mélange de terre 1T/4S est adapté pour la production d'adobes (résistance à la compression moyenne de 1,6 MPa mesurée selon le protocole XP P13-901, avec CV de 5 %). La terre pure B est typique d'une terre à pisé de très bonne qualité (17 % de fines, dont 10 % d'argiles). (Fig. 7)

Les terres moins cohésives ont effectivement des résistances à la flexion évaluée par l'essai significativement plus faibles, ce qui valide le caractère discriminant de l'essai. Par ailleurs, seuls les échantillons préparés avec la terre B reformulée 1T/4S, mélange réputé peu cohésif, ont rompu avec une suspension de masse inférieure à 10 kg.

Par ailleurs, des essais exploratoires ont été menés par le BETerre portant sur la pré-caractérisation de plus de 30 terres en lien avec la formulation de matériaux. Ces essais nous permettent d'avoir une première base comparative portant sur un large spectre de terres. Les résultats des essais pour des terres « à mortier » se situent autour de 0,8 MPa (soit une masse suspendue d'environ 16 kg). Les terres « à pisé » ont des valeurs allant de 0,8 MPa (soit une masse suspendue d'environ 16 kg) pour des pisés de résistance relativement faible jusqu'à 1,7 MPa (30 kg suspendus à la rupture) pour des pisés très résistants (résistance à la compression de 2 MPa mesurée sur cylindres selon le protocole proposé par CRAterre, 2020). Les terres très argileuses servant de base à la fabrication des mélanges pour adobe, torchis, bauge, etc. ont des résultats à flexion souvent supérieurs à 1 MPa, généralement proches de 1,4 MPa (25 à 30 kg suspendus à la rupture). Les résultats inférieurs à 0,6 MPa (soit une masse suspendue d'environ 12 kg) ont été trouvés sur des terres contenant une grande fraction de sables et proches de terres pour enduits.

4.3. CALCUL DE LA RÉSISTANCE À LA FLEXION

Le protocole développé se base donc sur une adaptation de la norme NF EN 1015-11 pour la détermination de la résistance en flexion des mortiers de maçonnerie et de la norme NF EN 12390-5 pour la détermination de la résistance en flexion des bétons.

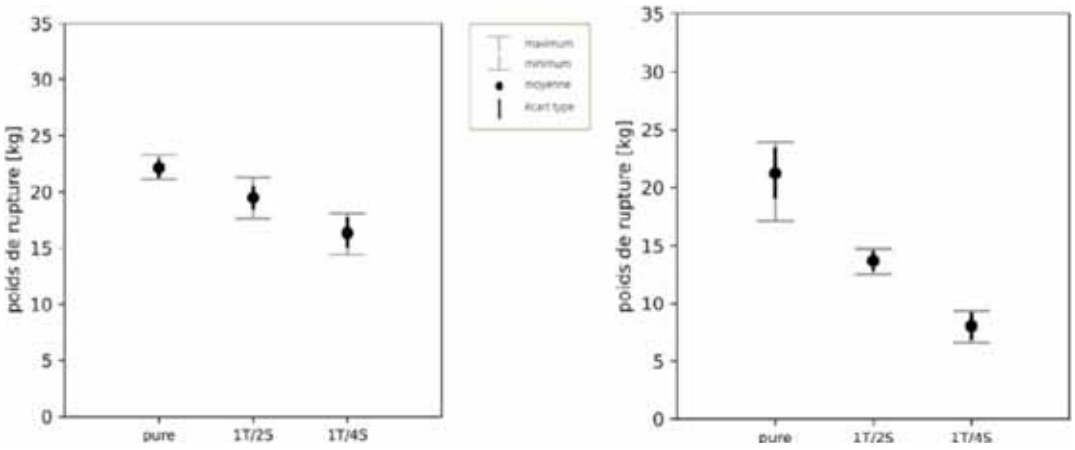


Figure 7. Poids de rupture/cohésion de la terre (A à gauche et B à droite).
© Leonardo Egas

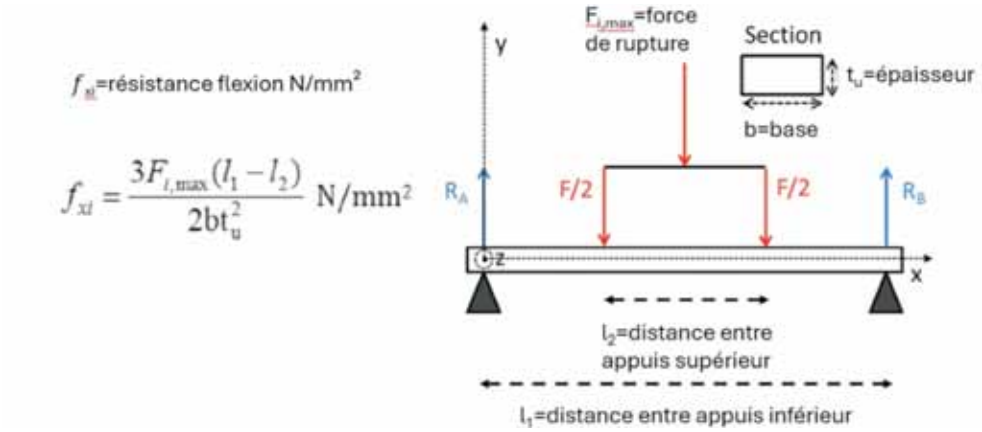


Figure 8. Formule et schéma de la résistance à flexion 3 points selon norme NF EN 1015-11.
© Leonardo Egas

Ces normes préconisent de calculer la résistance à la flexion des prismes en s'appuyant sur la théorie des poutres et sur les principes de résistance des matériaux associés (Fig. 8).
À noter toutefois que les dimensions de l'échantillon sont assez éloignées de ce qui est recommandé pour l'utilisation de ce modèle en Résistance des Matériaux : le rapport « longueur/épaisseur » de la poutre n'est que de 4 dans la norme NF EN 1015-11 et de 6 pour un échantillon modifié de dimensions 40 mm x 40 mm x 240 mm.

Morel, P'Kla (2003) estiment que pour des échantillons de cette géométrie, il est plus juste de considérer que la rupture de l'échantillon est liée à une sollicitation en compression, et d'exploiter cet essai pour estimer une résistance à la compression de l'échantillon en s'appuyant sur un modèle mécanique associant bielles et tirants. Toutefois, dans le cadre du protocole EGAS, le calcul de la résistance à la flexion est utilisé pour comparer des terres et non pas pour déterminer une valeur qui serait utilisée par la suite pour dimensionner des ouvrages, ne serait-ce que parce que les modalités de production des échantillons sont assez éloignées de celles liées à la production de matériaux (à l'exception des mortiers de maçonnerie).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le travail d'élaboration du protocole EGAS a cherché à minimiser les déformations de retrait et à obtenir des suspensions de masse à la rupture adaptées aux objectifs de l'essai, à savoir obtenir une première évaluation de la cohésion sèche des terres avec un équipement sommaire et sans expérience préalable de l'opérateur. Ceci a permis de définir des dimensions d'échantillon, un tamisage associé et une teneur en eau de moulage. Les premières analyses de réplicabilité et de reproductibilité sont satisfaisantes, avec des coefficients de variation inférieurs à 10 % pour des séries comportant moins de 10 échantillons. Une campagne d'essais supplémentaires mobilisant plus d'opérateurs distincts permettrait de confirmer la reproductibilité satisfaisante de l'essai.

De premiers essais montrent par ailleurs une discrimination satisfaisante des terres selon leur cohésion. Deux campagnes en cours permettront d'approfondir le lien entre le résultat obtenu par le protocole et la production de matériaux en terre pour la construction. La première est portée par le bureau d'études BETerre, qui travaille à une base de données portant sur déjà plus de trente terres analysées par ce protocole, en lien avec la production de différents matériaux. La deuxième est portée par l'association CRAterre dans le cadre du projet de recherche B2M[1] sur la caractérisation des maçonneries de terre crue, et permettra de mettre en lien les résultats obtenus par le protocole proposé sur 8 terres (4 terres utilisées pour la production de briques et 4 terres utilisées pour la production de mortiers) et les performances mécaniques des maçonneries de terre associées (compression, flexion, cisaillement).

Le protocole EGAS fournit une première approche pour pouvoir sélectionner et pré-caractériser un panel de terres de façon rapide et comparative. Il est complémentaire à la réalisation d'autres essais plus difficiles d'accès portant sur le matériau produit à partir de la terre analysée, à savoir avec une échelle et des modalités de production des échantillons plus adaptées à chaque type de matériau.

1. Lauréat de l'appel à projets « Soutien à l'innovation dans la construction matériaux bois, biosourcés et géosourcés (SIC) » de l'ADEME et financé par le plan France 2030

BIBLIOGRAPHIE

ASTM E2392 (2010), *Standard Guide for Design of Earthen Wall Building Systems.*

Boubekeur, S. Rigassi, V. Mesbah, A. Morel, J. Houben, H. Carazas, W. Dugelay, S. Douline, A. El Gharbi, Z. Joffroy, T. Moles, O. Moriset, S. (2000) *Blocs de terre comprimée Procédures d'essai*, CRAterre-ENSAG, ENTPE, Centre pour le Développement de l'Entreprise ACP - UE, Bruxelles : coédition CRAterre-ENSAG, CDE, ENTPE.

BAE (2013), *Programme C2D2, ministère de l'écologie et de développement durable, projet BAE (béton d'argile environnementale)* rapport final.

CRATerre, Le Tiec, J. -M. Misse, A., Claude, S.Gasnier, H., Formery, T.Moy, F.Petrone, L.Pointet, M., Robin, V., Schmitt, B.Schwarz, J.-P., AE&CC, Nama Architecture, Héliopsis, Archivolte, BETerre, Vessière & Cie, Alpes Contrôle, Cabestan, Asterre, (2020). *Construire en pisé : prescriptions de dimensionnement et de mise en œuvre*. Antony : Le Moniteur. 145 p. ISBN 978-2-281-14380-5.

CTMNC (2020), *Rapport d'essai 2334020028_10.*

Fontaine.L, Anger.R (2009), B*âtir en terre, du grain de sable à l'architecture.* Edi : Belin 223p.

Houben. H, Guillaud. H, Dayre. M. (2006) *Traité de construction en terre*. 3e éd. Marseille : Éd. Parenthèses.

Keable, R. (1996), *Rammed earth structures A code of practice*, UK: Intermediate technology publications.

Le Paih. A, Anger. R, Fontaine. L. (2013) *Essais de terrain : analyse sensorielle du matériau terre crue*. CRATerre ENSAG.

Martin Neves, C. Borges Faria, O. Rotondaro, R. Cevallos Salas, P. Hoffman, M.(2011). *Seleção de solos e métodos de contrôle na construção com terra Práticas de campo,* Rede Ibero-americana PROTERRA, Paraguay, Asunción: Faculdad de Arquitectura, deseño y arte Universidad Nacional de Asunción.

NF EN 1015-11 (2019) *Méthodes d'essai des mortiers pour maçonnerie - Partie 11 : détermination de la résistance en flexion et en compression du mortier durci.*

NF EN 1052-2 (2016) *Méthodes d'essai de la maçonnerie - Partie 2 : détermination de la résistance à la flexion.*

NZS 4298 (1998) *Materials and workmanship for earth buildings* [Building Code Compliance Document E2 (AS2)]

Wolfskill, L. Dunlap, W. Gallaway, B.(1960) H*andbook for bulding homes of earth*, Agency for international development US, Paris: Centre régional d'édition technique.

NOTICES BIOGRAPHIQUES AUTEURS

Leonardo EGAS obtient son diplôme d'architecte en 2005 à l'université de Sao Paulo au Brésil où il travaillera comme chercheur au sein du groupe de recherche HABIS. Depuis 2022 il devient gérant du bureau d'études BETerre et chercheur au laboratoire 3SR pour réaliser des recherches sur la terre crue.

Eugénie CRÉTÉ est ingénieure et a travaillé comme chercheuse au sein de l'UR AE&CC de l'ENSAG puis en tant que chargée de projet pour l'association CRAterre depuis 2021. Ses thèmes de travail sont : la caractérisation des matériaux et systèmes constructifs en terre crue, le montage d'unité de production de matériaux, l'assistance technique lors de projets de construction intégrant de la terre.

Trong DO HIEP est en cours de formation post-master DSA « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » à l'ENSAG.

Anna CHO est en cours de formation post-master DSA « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » à l'ENSAG.

Zélie DELORME est en cours de formation d'architecte à l'ENSAG.

Martin POINTET est architecte DPLG, il se forme à la maçonnerie de terre au sein d'AKterre. Il participe, en 2005 à la création de Caracol éco-construction. En 2013, il intègre le projet Amaco et fondera le bureau d'étude BETerre en 2014. Depuis 2020, il est maître de conférence à l'ENSAG, et chercheur dans l'UR AE&CC, équipe CRAterre.

RETOURS D'EXPÉRIENCES DES TEXTES À VISÉES NORMATIVES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA CONSTRUCTION EN BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE : LES APPRÉCIATIONS TECHNIQUES D'EXPÉRIMENTATION DE CYCLE TERRE ET LES RÈGLES PROFESSIONNELLES MAYOTTE.

Arnaud MISSE, Architecte, chercheur Équipe CRAterre, Unité de recherche AE&CC, ENSAG-UGA (misse.a@grenoble.archi.fr)
Eugénie CRÉTÉ, Ingénieure ECP, chargée de projet au sein de l'association CRAterre (e.crete@craterre.org)
Melvyn GORRA, Art Terre Mayotte (gorramelvyn@yahoo.fr)

RÉSUMÉ

Cycle Terre en île de France et Art Terre à Mayotte, deux acteurs de la construction en terre, ont porté l'élaboration et la validation de différents textes à visées normatives — les Appréciations Techniques d'Expérimentation (ATEx) et les règles professionnelles Mayotte — pour favoriser le développement de l'emploi en construction des blocs de terre comprimée (BTC). Après un rapide historique de ces projets et une recontextualisation de la réalisation de ces différents documents, un peu moins de deux ans après leur publication, comment mesurer l'impact qu'ont eu ces textes sur la dynamisation de la filière BTC sur les deux territoires. Il s'agira d'évaluer dans ce contexte l'intérêt de ces initiatives, leurs difficultés, leurs contraintes, leurs limites, les externalités positives ou négatives induites et les questions que leur existence soulève.

INTRODUCTION

L'intérêt croissant de l'emploi des matériaux à faible empreinte environnementale se traduit par une demande de plus en plus importante d'utilisation des techniques à base de terre crue dans la construction. La disponibilité de la ressource — locale, abondante, peu énergivore, facile à recycler et son potentiel de circularité dans la production du cadre bâti — apparait souvent comme une évidence de bons sens écologique. En cela elle rencontre un engouement renouvelé pour son intégration dans des opérations de toute taille pour le développement de projets environnementalement « soutenables ».

Ces dernières années, quelques acteurs, comme ceux du projet Cycle Terre en Île-de-France ou de Art Terre à Mayotte, ont jugé qu'il était pertinent pour soutenir, développer, dynamiser ou relancer ces filières « terre » de produire des textes à visée normative permettant l'assurabilité des matériaux et des mises en œuvre associées et de lever ces freins à l'emploi des techniques. Dans ce cadre ils ont sollicité l'assistance et l'appui de CRATerre.

Ainsi, pour le projet Cycle Terre, trois Appréciations Techniques d'Expérimentation (ATEx) de type A ont été produites et validées par des Comités d'Experts organisés par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) en décembre 2021, janvier et mai 2022. Ces documents définissaient précisément les emplois possibles pour différents systèmes

constructifs des Blocs de Terre Comprimée (BTC) produits pas la fabrique. La même année, en juillet 2022, la Commission Prévention Produits (C2P) inscrivait sur la liste des règles professionnelles acceptées celles portées par Art Terre Mayotte sur le BTC.

Deux ans après leur publication, le retour d'expérience permet de dresser un premier bilan qui reste cependant difficile à qualifier et à quantifier. Entre cadrage strict des techniques, limites opérationnelles des textes, contraintes de validité, il semble cependant qu'un impact positif puisse être mis en évidence.

1. CONTEXTE ACTUEL DE LA CONSTRUCTION EN TERRE EN FRANCE ET PROBLÉMATIQUE DE LA QUESTION RÉGLEMENTAIRE

Le contexte des transitions socio-environnementales pousse de plus en plus à formuler des exigences de performances bas carbone des matériaux dans les opérations de construction. Épaulés par des réglementations nationales (RE2020) ou d'autres labels, les prescripteurs — bien souvent les opérateurs publics, les maîtrises d'ouvrage et les maîtrises d'œuvre — sensibilisés à ces questions deviennent eux aussi porteurs d'un engagement à intégrer dans les projets des solutions constructives vertueuses.

Ainsi, nombreux sont les cahiers des charges ou les projets qui intègrent l'utilisation de matériaux biosourcés et géosourcés. Ils deviennent une composante importante des réponses qui sont faites dans des opérations de constructions en particulier d'équipements publics.

Ceci constitue une opportunité pour les filières locales intégrant la terre crue. Quelques études plus ou moins récentes ont pu mettre en évidence ces dynamiques (Antoine et Carnevale 2019). Aucun bilan chiffré récent n'a pu être dressé de l'augmentation de l'emploi de la terre à l'échelle nationale, mais les publications ou reportages dans la presse ou sur les réseaux sociaux semblent confirmer cette dynamique importante en cours autour de son usage.

La terre offre un avantage, celui de pouvoir proposer dans bien des contextes une ressource locale abondante potentiellement utilisable dans la construction dans une logique de proximité ou d'économie circulaire. Des études sur le métabolisme des territoires, comme celui de l'île de France, montrent l'intérêt que soulève le développement de telle filière (Bastin 2023).

Seule norme existante validée par l'AFNOR, la NF XP P13-901 sur la caractérisation des briques de terre crue a représenté un travail de longue haleine. Une première version de la norme XP P13-901 avait été validée en 2001, et sa mise à jour, porté par le CTMNC, a demandé la mobilisation d'une dizaine d'experts et duré plusieurs années avant sa validation en 2022.

Malgré cette quasi-absence de norme ou de référentiel technique, il est cependant possible aujourd'hui de construire en terre bien souvent lorsque volontés, compétences et compréhension mutuelle sont réunies et coexistent entre l'ensemble des acteurs du projet. Cette condition permet souvent, par consensus, de lever les blocages sans s'appuyer sur un texte de référence. Mais cette situation reste rare et les obstacles nombreux. Les opérations sont de plus en plus complexes, les intervenants de plus en plus nombreux et les techniques et les matériaux « terre » sont la plupart du temps mal connus, voir inconnus des différentes parties prenantes. Quel document a vocation à être applicable contractuellement à des marchés de travaux de construction ? Sur qui porte la responsabilité en cas de sinistre ?

Deux types d'outils peuvent être mobilisés par les acteurs de la filière pour faciliter l'assurabilité des projets en permettant aux techniques de terre crue d'être considérées comme « traditionnelles » au sens assurantiel. Le premier est porté par le CSTB, il s'agit des Appréciations Techniques Expérimentales (ATEx), qui peuvent être de deux sortes : A (relative à un système constructif, applicable à plusieurs projets pendant une durée déterminée) ou B (relative à un projet). Le deuxième, les Règles Professionnelles, est encadré par l'Agence Qualité Construction (AQC) et la proposition examinée et validée par la C2P (Commission Prévention Produits). Elles peuvent englober un panel plus large de systèmes constructifs, n'ont pas de durée de validité limitée, et doivent résulter d'un processus d'élaboration collectif porté par l'ensemble de la filière concernée. La grande variété d'acteurs, de visions politiques et techniques des acteurs de la filière terre crue dans l'Hexagone n'a pas encore permis de déboucher sur un texte commun, mais de nombreux acteurs travaillent dans ce sens.

2. LES ATEX BTC « CYCLE TERRE »

2.1. RAPIDE HISTORIQUE

La fabrique Cycle terre est née d'un projet porté par plusieurs partenaires qui visait à proposer une filière d'économie circulaire de production de matériaux de construction en terre crue autour de transformation des terres d'excavations des chantiers du BTP du Grand Paris.

Ce projet part d'un double constat : celui du poids relatif fort du transport dans l'empreinte environnementale des matériaux de construction et de la pertinence de les produire au plus près de la ressource et du site d'utilisation, et celui de la réduction des déblais d'excavation, qui représentent environ 90 % des déchets du bâtiment et des travaux publics. Ces déblais, principalement composés de terre, sont actuellement considérés comme un rebut inutilisable et difficile à stocker (Van Kote 2013)., mais qui pourrait devenir une ressource considérable. La densité d'une grande métropole rend certes difficile l'implantation d'une unité de production de maté-

riaux (surfaces nécessaires, coût du foncier, modalités d'accès, nuisances), mais garantit une proximité forte entre les sites « sources » producteurs de déblais et les sites de mise en œuvre des matériaux.

Le projet Cycle Terre est né d'une initiative de la Ville de Sevran et de Grand Paris Aménagement, associés à 11 autres partenaires[1] aux compétences complémentaires, et amorcé par plusieurs années d'actions de sensibilisation des acteurs franciliens : tentatives de mise en œuvre d'opération intégrant la terre en île de France, exposition Terres de Paris[2] et activités de recherche (Gasnier 2019). Le projet, qui se propose de valoriser les terres excavées non polluées pour la production de matériaux en terre crue est soutenu par l'Union européenne dans le cadre du programme FEDER-Urban Innovation Action (2018-2021). Le financement public obtenu doit aider à identifier et lever les différents points de blocage rencontrés pour ce type d'initiative, de façon à mettre en place une unité de fabrication, et au-delà de faciliter des réplications ultérieures du modèle.

Le projet comportait plusieurs volets d'activités complémentaires, tels que : l'identification de la ressource et les modalités de réutilisation de terres ayant un statut de déchets, la formulation des matériaux, la conception des process de fabrication de ces matériaux (Fig. 1), la formation de différents acteurs de la chaine d'emploi des matériaux, l'élaboration du business plan, etc. Le projet comportait aussi un volet de Recherche et Développement sur les systèmes constructifs adaptés au marché francilien et l'élaboration d'outils facilitant l'assurabilité des matériaux produits dans le cadre d'opérations usuelles et de grande ampleur. C'est dans ce cadre-là qu'ont donc été développées et validées trois ATEx de type A sur différents domaines d'emploi des BTC[3] : Le premier sur les cloisons en mai 2021, le second sur les parements intérieurs en février 2022, et enfin le troisième sur les remplissages intérieurs de façade en mai 2022.

Ces documents résultent d'un travail de plusieurs années portant notamment sur la définition des systèmes constructifs les plus pertinents comptes tenus notamment des contraintes du marché francilien et des campagnes d'essai à réaliser pour apporter les justifications techniques nécessaire à leur validation.

Constitué sous forme d'une Société Coopérative d'Intérêt Collectif (SCIC) en juillet 2020, après de nombreuses péripéties inerrant a ces projets innovants à visée opérationnelle, la fabrique Cycle terre entrait en activité et commençait à produire et commercialiser ces premiers matériaux en 2021.

1. Par ordre alphabétique : AE&CC-ENSAG, Amàco, Antea Group, CERI — Sciences Po, Compétences Emploi, CRAterre, ECT, Joly & Loiret architectes, Quartus, Société du Grand Paris (SGP), Université Gustave Eiffel (UGE).
2. Au Pavillon de l'Arsenal d'octobre 2016 à janvier 2017
3. Les ATEx n° 2911, 2991 et 2990

2.2. ANALYSE DE L'IMPACT DES DOCUMENTS

L'analyse du rôle joué par les ATEx sur la dynamisation de l'emploi de la terre est complexe, car les opérations intégrant la terre crue en Île-de-France avant l'existence de Cycle Terre n'étaient pas ou peu connues et donc non inventoriées.

Force est cependant de constater que la fabrique Cycle Terre est aujourd'hui au centre de la plupart des demandes sur l'emploi de la terre crue en région parisienne. Elle reçoit des demandes de fourniture de matériaux qui concerne majoritairement des opérations intégrant des domaines d'emploi couverts par les ATEx – remplissage (Fig. 2), cloisons, parement intérieur - et plus rarement pour des domaines d'emploi non couvert par ceux-ci ou pour d'autres techniques constructives comme le montre l'émergence de la demande concernant la fourniture de terre à pisé (fig. 1).

Dans le cas de Cycle terre, la validité des ATEx était un élément crucial pour nombre de maîtrises d'ouvrage, comme cela a pu être constaté lorsque les concepteurs souhaitaient sortir du domaine de validité de l'ATEx ou lorsque la première ATEx est arrivée à expiration en mai 2023. La proportion entre les surfaces de maçonnerie produites par Cycle terre hors et sous couvert d'ATEx le montrent clairement (1 % sur la période 2021-2023 et 4 % en prévisionnel 2024). Cette observation n'est toutefois pas directement représentative du marché global de la terre crue en Île-de-France compte tenu du biais suivant : il est probable que Cycle terre soit préférentiellement contactée dans le cadre d'opérations pour lesquelles les acteurs souhaitent bénéficier d'ATEx. On note par exemple qu'un des rares projets comportant une surface importante de maçonnerie posée hors ATEx en Île-de-France (Immeuble Terre & Ciel à Bagneux, totalisant 650 m² de maçonnerie de terre) ne s'est pas fourni auprès de Cycle Terre.

Ainsi, sans pouvoir être complètement quantifié, il apparait cependant dans le dialogue avec les porteurs de projets, maîtrise d'œuvre ou d'ouvrage, que l'existence d'une ATEx, donc une assurabilité et une description précise de la technique, était rassurante voir recherchée par ces différents acteurs. En effet, dans des opérations complexes et contraintes, les opérateurs ont globalement tendance à se diriger vers des solutions présentant moins de difficultés : disponibilité des matériaux. et validation simplifiée des contrôleurs techniques.

La durée de validité des ATEx, d'au maximum 3 ans, est limitée selon le retour du comité d'experts réunis lors de son examen. Dans le cas de Cycle Terre, celui-ci a retenu une durée de 2 ans renouvelable 1 an si une procédure de demande d'avis technique (ou Atec) était mise en place. Pour pouvoir engager cette dernière, un recensement des opérations a été réalisé en octobre 2023 par l'équipe de Cycle terre (Fig. 3) en se basant sur le bilan des commandes reçues par la fabrique.

Figure 1. La chaine de production BTC et mortier de pose de la fabrique Cycle Terre.
© Cycle Terre.

Figure 2. BTC Cycle Terre en remplissage dans les Ateliers thérapeutiques de Meulan-en-Yvelines, agence Tolila+Gilliland.
© Cycle Terre.

2.3. TÉMOIGNAGES SUR L'IMPACT DE CES DOCUMENTS SUR LES ENTREPRISES DÉTENTRICES

Le retour d'expérience relatif aux procédures d'ATEx de type A relatée dans le cadre de cette analyse porte à la fois sur l'expérience de Cycle Terre et sur celle de Briques Technic Concept, les deux seuls producteurs de matériaux de construction en terre crue détenteurs de ce type de document en mai 2024. Elle repose sur l'implication directe de CRAterre dans le processus d'obtention et de renouvellement des ATEx de Cycle Terre, et sur une série d'entretiens avec différents acteurs de Briques Technic Concept[4].

L'obtention des ATEx a eu une grande portée médiatique : cela a été pour les deux entreprises l'origine d'une accélération très nette des sollicitations commerciales (Fig. 3). Les ATEx ont été utilisées par ces entreprises comme argument commercial, ainsi que comme preuve de crédibilité et de fiabilité de la structure et de ses produits. Elles ont grandement facilité les premiers contacts avec les acteurs du projet, et ce même si dans de nombreux cas, l'ATEx a dû par la suite être complétée par des avis de chantier, pour s'adapter aux spécificités du projet.

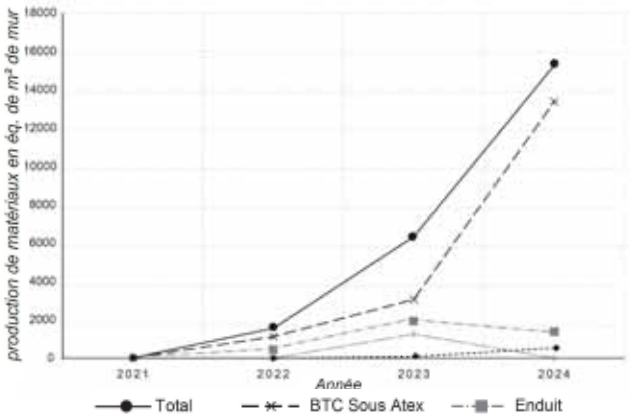


Figure 3. Productions par année des matériaux Cycle Terre converties en m² de mur.

Une des principales limites de ce type de document est en effet de valider un domaine d'emploi restreint. Dans le cas de Cycle Terre, c'est trois ATEx qui ont dû être déposées pour couvrir des domaines d'emploi relativement proches : maçonnerie en remplissage d'une structure porteuse, avec une variation du système de liaison à la structure et du positionnement dans le bâtiment (soit en intérieur de façade soit en cloisons). Le dépôt de ces trois ATEx complémentaires a représenté un coût important, mais permis de couvrir un domaine d'emploi global relativement large. Cela n'aurait pas été possible sans l'aide financière de l'Union européenne. Dans le cas de Briques Technic Concept, une seule ATEx a été déposée, portant sur des ouvrages de maçonneries porteuses en BTCs, et aucun projet ne s'est avéré être entièrement conforme au document. Les points de dérogation ont porté sur des éléments techniques que Briques Technic Concept avait intégrés dans le projet d'ATEx, mais qui avaient été supprimés ou réduits lors de l'examen du document par le CSTB par le comité d'experts. C'est donc in fine les bureaux de contrôle des projets qui ont dû porter la responsabilité de valider ces éléments techniques par avis de chantier.

Ce constat est directement en lien avec une deuxième limite évoquée par les entreprises, à savoir la difficulté à accepter des prises de décision techniques par le comité d'instruction des ATEx. En effet, ces comités sont constitués d'experts nommés par le CSTB, dont les compétences concernant la mise en œuvre de matériaux en terre crue sont régulièrement remises en question. Les échanges entre le comité d'instruction et son président sont opaques (le comité étant mené à huis clos), mais différents témoignages en lien avec l'instruction de ces quatre ATEx font ressortir le sentiment de membres des comités de ne pas avoir été écoutés, voire d'avoir été invités à siéger pour légitimer des décisions prises au préalable. Le demandeur de l'ATEx bénéficie d'un droit de réponse très limité une éventuelle procédure de levée de certaines réserves peut s'avérer coûteuse.

C'est aussi ce comité d'experts qui fixe la durée de validité de l'ATEx. Cela nous amène à la troisième limite soulignée par les entreprises, à savoir la durée de validité relativement courte de ces documents. Cette durée peut être au maximum de 3 ans, et elle a été de 2 ans pour les 4 ATEx de cas A. Or, il est courant que les concepteurs et/ou maîtrises d'ouvrage n'intègrent le système constructif dans leurs projets de construction qu'à compter de la validation des ATEx par le CSTB. Les délais d'étude de conception sont de plusieurs mois souvent d'un an et plus, et le lot terre crue, en particulier pour des ouvrages non porteurs, est rarement mis en œuvre au démarrage du chantier. Cette durée de 2 ans est donc très courte en comparaison avec les durées effectives des projets. Et les maîtrises d'ouvrage sont peu enclines à travailler avec des documents qui ne sont plus valides, liés à des questions d'assurabilité, et ce même si cette péremption est administrative et non pas technique. Les entreprises détentrices des ATEx sont donc très rapidement confrontées à une crainte de leurs interlocuteurs concernant le renouvellement de ces documents, et cette limite de validité est au final vécue comme un risque pour le projet. Ce risque est réel, compte tenu du fait que le processus de renouvellement des ATEx s'avère long et complexe, et ce malgré des anticipations importantes. La procédure prévoit que cette extension de validité soit d'une année maximum, validée par un comité d'experts, et donc à l'origine d'un coût supplémentaire pour l'entreprise détentrice. De plus, celui-ci ne peut théoriquement avoir lieu qu'une seule fois, et à la condition qu'une procédure d'avis technique (ATec) soit en cours. Dans le cadre de Cycle Terre, c'est dès

4. Entretiens menés par téléphone entre mai 2021 et mai 2024 avec Philippe Graftieaux et Étienne Gay.

l'instruction des ATEx que la question de leur renouvellement et de l'ouverture d'une procédure d'Atec a été discutée avec le CSTB. Or, cette procédure s'est avérée très complexe à lancer et incompatible avec le délai de validité des ATEx. En effet, un ATec ne peut être instruit que si le groupe spécialisé (GS) qui porte les ATec « maçonnerie » (GS16) dispose d'une famille ayant la responsabilité de cette instruction, ce qui n'est pas le cas actuellement pour les éléments en terre crue. L'ouverture des nouvelles familles est encadrée par une procédure longue qui comprend : une phase de définition de la portée de la famille (notamment produit-procédé/domaine d'emploi), une phase d'analyse de cette demande par le rapporteur du GS (avec justification du besoin d'expertise et du caractère innovant du procédé), une présentation de cette analyse à une première réunion avec un Conseil de Transfert des Techniques Traditionnelles (C3T), réunion préparatoire à une réunion de validation avec la Commission Chargée de Formuler les Avis Techniques (CCFAT). Et les réunions du CCFAT permettant de valider l'ouverture des nouvelles familles n'ont lieu que deux fois par an. On comprend aisément la lourdeur et le temps long de la procédure. Cela aboutit à l'impossibilité d'obtenir ce renouvellement des ATEx, momentanément résolu dans le cas de Cycle terre et de Briques Technic Concept par l'obtention d'une dérogation après plusieurs mois d'incertitudes. L'absence de prise sur l'obtention ou non de ces dérogations par les entreprises détentrices des ATEx et le flou concernant les délais associés a rendu particulièrement compliqué les échanges commerciaux avec des acteurs qui choisissent justement de travailler avec des systèmes constructifs validés par ATEx pour maîtriser les risques, techniques, mais aussi administratifs. À noter que les conditions tarifaires d'obtention de ce renouvellement peuvent constituer un frein important pour les entreprises concernées, surtout si elles sont détentrices de plusieurs ATEx à renouveler.

Enfin, les entreprises ont constaté une constante augmentation des justifications techniques demandées, ce qui représente des coûts de campagnes d'essais de plus en plus lourds. La prise en compte des retours d'expérience et des avancées de la recherche est théoriquement possible, mais avec des précautions telles que cela est jusqu'à présent refusé. Dans le doute, c'est toujours plus d'essais qui sont demandés. Lors de l'instruction des ATEx, les comités d'experts s'avèrent également fermés à une remise en question des limites d'emploi ou justifications apportées lors des ATEx précédentes, refus justifié non pas pour des raisons techniques, mais par souci d'équité entre demandeurs », tel que cela a été explicitement exprimé à Cycle Terre.

3. LES RÈGLES PROFESSIONNELLES BTC MAYOTTE

3.1. RAPIDE HISTORIQUE ET CONTEXTE

À Mayotte, territoire riche d'une histoire de la construction en Bloc de Terre Comprimée stabilisé (BTCs) la technique avait largement fait ses preuves : un retour d'expérience de plus de 35 ans, plus de 20 000 constructions réalisées sur l'île durant cette période dont la moitié en BTCs — et quelque 40 millions de BTCs mis en œuvre (Lietar et al. 2021).

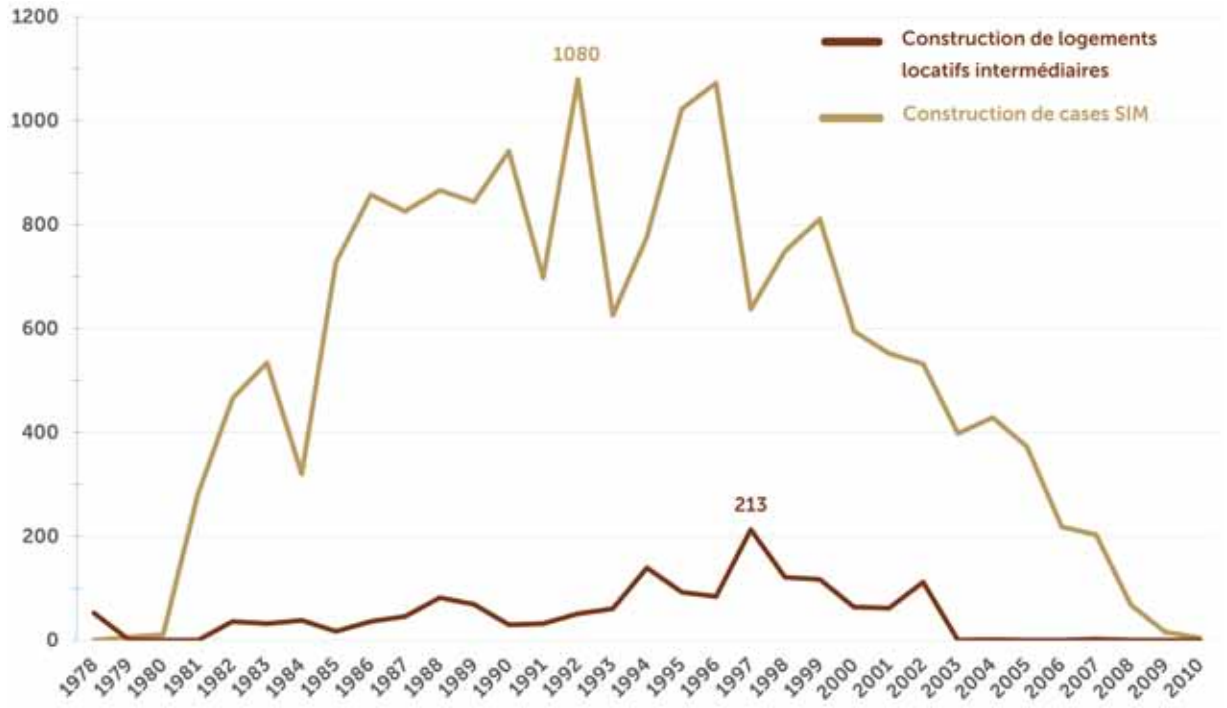


Figure 4. Nombre de logements réalisés par la SIM, sociaux (case SIM) et locatif, de 1978 à 2010, avec une très nette baisse à partir des années 2000.

Après un ralentissement important au tournant des années 2000 de la construction de logement réalisé sur l'île, et en particulier ceux de La Société Immobilière de Mayotte (SIM) (Fig. 4), l'emploi du BTC a subi un déclin important et son usage est devenu anecdotique en l'absence d'un cadre réglementaire. La SIM, alors qu'elle avait largement soutenu la filière jusqu'alors, devenait de plus en plus frileuse à prescrire la technique sur leurs nouvelles opérations en raison des surprimes d'assurance. L'absence d'une couverture assurantielle reconnue a alors été grandement dommageable à l'emploi du BTCs sur l'île.

Mais le métabolisme du territoire, ou quasi tous les matériaux sont importés[5], et les injonctions environnementales dans les nouvelles opérations en particulier avec le nécessaire emploi des matériaux locaux, allaient relancer une dynamique autour du BTCs. La volonté locale dès 2011, portée par l'association Art Terre Mayotte et soutenue par la DEALM[6], d'une relance de la filière était forte pour favoriser à nouveau son emploi. Une démarche de pérennisation allait donc être engagée qui passait nécessairement par un axe de consolidation autour de la production de textes encadrant la technique.

Cette démarche allait s'effectuer en deux étapes, la première dans un temps court, mis en place rapidement pour répondre aux besoins immédiats et qui passera par une démarche d'ATEx de type A. Engagée en 2015, elle aboutira à la validation par le CSTB d'un premier document en juin 2018[7] pour 3 ans. Suite à ce premier résultat positif, mais ne couvrant qu'un nombre limité de solutions techniques, une deuxième étape, celle de la rédaction de règles professionnelles allait être lancée. L'objectif étant à la fois de couvrir plus de systèmes constructifs, de palier à la durée limitée de l'ATEx (2021), mais aussi d'impliquer plus largement les acteurs de la filière à sa rédaction.

Ce choix était particulièrement pertinent pour Mayotte, car le principe des règles professionnelles est de pouvoir se fonder sur un retour d'expérience important en nombre et en durée. D'autre part elles peuvent couvrir un large domaine d'emploi en intégrant plusieurs systèmes constructifs.

La réalisation des règles professionnelles BTC Mayotte pouvait également s'appuyer sur différents travaux et documents techniques réalisés en particulier la norme XP P13-901 — Blocs de terre comprimée d'octobre 2001 et sa version révisée de mars 2022, les résultats de différents travaux et recherches menées par CRAterre dans différents contextes sur le matériau et en particulier différents ATEx de type A ou B (Tessier et al. 2022). L'association Art Terre Mayotte, porteuse du projet, a donc rapidement réengagé un processus de rédaction basé sur la mise en place d'un comité de pilotage impliquant tous les acteurs au niveau départemental (État — DEALM, collectivités locales, SIM, ADEME, CAPEB, CCI, CMAR) et la mise en place de comités techniques regroupant l'ensemble des acteurs de la construction mahoraise — producteurs, constructeurs, maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage, bureaux d'études structure et organismes de contrôle — qui ont permis un processus de co-écriture et de relecture. Après 3 ans de travaux, le document fera l'objet d'une validation par la C2P en juillet 2022 (AQC, 2022).

Le document (Lietar et Misse 2022) reprend donc les principaux usages et solutions employés sur le territoire mahorais depuis le début des années 1980 : maçonnerie porteuse jusqu'à R+3, maçonnerie de remplissage d'ossature béton en R+5, bois ou métal en R+1 et cloison maçonnée.

3.2. TENTATIVE D'ANALYSE DE L'IMPACT DES DOCUMENTS

3.2.1. Le développement d'opération en projet ou en chantier intégrant la terre crue

Les problèmes de dysfonctionnement de la Société immobilière de Mayotte et l'arrivée des règles de la commande publique ont contribué à la chute de la production de logements de 2000 à 2010. De même l'apparition aux débuts des années 2000 des assureurs et contrôleurs techniques sur l'île à peu favorisée l'usage de la brique[8] en raison de l'absence de textes normatifs propre à la conception, au dimensionnement, et la mise en œuvre. La réalisation d'ATEx (A et B) puis des règles professionnelles ont participé à reconnaître la technique du BTCs comme courante facilitant ainsi son assurabilité et son usage dans les projets publics et privés. L'engagement de maîtres d'œuvre et de maîtrises d'ouvrage publiques[9] à utiliser la BTC dans leurs projets de construction a permis de ne pas faire disparaître l'acte de bâtir en brique (Fig. 5).

5. Autorité de la concurrence, Avis n° 18-A-09 du 3 octobre 2018.

6. Direction de l'environnement, de l'aménagement, du logement et de la mer de Mayotte.

7. Appréciation technique d'expérimentation de type A n° 2588 — ouvrages en maçonnerie de BTC : parois et murs (2018).

8. « Brique » appellation de la BTCs dans le jargon local.

9. En particulier : le Syndicat mixte d'investissement pour l'aménagement de Mayotte (SMIAM), la SIM et le rectorat.

Figure 5. Chantier Lycée des métiers et du bâtiment à Longoni (Maîtrise d'ouvrage : Rectorat de Mayotte/Architectes : Encore Heureux et Co-Architectes).

Cet engagement participe au « verdissement » de la commande publique[10,11], en confortant l'usage des matériaux locaux via l'intégration de clauses dans les spécifications techniques du cahier des clauses techniques particulières (CCTP) au stade de définition de leur besoin. À ce titre, la SIM s'est fixée comme objectif d'utiliser un minimum de 20 % de briques dans ses opérations de construction avec une ambition d'intégrer 7 millions de BTCs dans ses projets d'ici 2030.

Les constructeurs privés emploient progressivement la BTCs dans leur projet — même si d'un point de vue économique l'aggloméré de béton reste indétrônable — grâce à l'exemplarité de nombreuses constructions et le subventionnement de la brique accordé par l'Électricité de Mayotte (EDM) à hauteur de 25 € le mètre carré[12], rendu possible par la reconnaissance de la BTCs comme technique courante au même titre que les matériaux conventionnels.

Cependant un travail de sensibilisation, d'accompagnement en termes d'ingénierie, de formation des fundis[13] — personnes auxquelles les constructeurs privés attribuent les marchés — et de réduction des coûts de production et pose de la brique de terre comprimée reste à mener pour voir fleurir des ouvrages en BTCs dans le secteur privé.

10.La prise en compte des critères environnementaux dans la commande publique deviendra obligatoire en 2026.

11.Cette démarche de verdissement de la commande publique fait suite à la loi n° 2021-1104 du 22/08/21 dite climat et résilience.

12.Les aides Hodari mises en place par EDM subventionnent un package d'offres en faveur de la transition énergétique (BTCs, brasseurs d'air, panneaux solaires…).

13.Fundi, terme signifiant sachant. Aujourd'hui ce nom fait le plus souvent référence à des artisans informels.

3.2.2. Le développement de l'activité des briquetiers mahorais

Les retombés positifs des travaux de normalisation de la filière BTCs s'observent aussi chez les producteurs qui depuis l'apparition de l'ATEx de type A en 2018 combiné à l'arrivée progressive d'une commande, ont repris leur activité pour certains[14] — cas des briqueteries de Vahibé, Ongoujou et Tsingoni — et pour d'autres se sont lancés dans le métier de briquetier — cas des entreprises ACBTP et DIPAK —. Le métier de producteur devient alors une activité génératrice de revenus et d'emplois, en atteste les investissements en équipements de production à travers les achats de lignes de production semi-industrielle[15] (broyeurs, trémies, bandes convoyeuses, presses semi-automatiques) et de presses manuelles correspondant à un coût global de plus de 320 k€ (Fig. 6).

Ces investissements sont rendus possibles grâce à un marché en plein essor autour de la brique. À titre d'exemple l'entreprise DIPAK a produit plus de 110 000 BTCs en 2023[16], ce qui représente une recette de plus de 150 k€. Face à une commande qui ne cesse de s'accroître avec une prévision de 500 000 briques posées — soit un peu plus de 14 000 m² — d'ici 2027 (Fig. 7), l'activité de producteur représente un réel développement économique local, et une alternative « sérieuse » à l'épuisement de granulats sur l'île[17].

14.Ces briqueteries sont les plus anciennes de l'île. Pour celle de Vahibé, une transmission de père à fils a vu le jour.

15.L'île compte actuellement 2 lignes de production semi-industrielles (ACBTP et DIPAK).

16.France Mayotte Matin. (2024). Le savoir-faire de la brique de terre à Mayotte pris en exemple dans les entreprises de l'Hexagone, outremers 360° [en ligne] (consulter le 18 avril 2024). https://outremers360.com/bassin-indien-appli/le-savoir-faire-de-la-brique-de-terre-a-mayotte-pris-en-exemple-dans-les-entreprises-de-lhexagone

17.Selon le Bureau de recherches géologiques et minières, d'ici 50 ans il n'y aura plus de granulats sur l'île.

Figure 6. Ligne de production semi-industrielle de l'entreprise ACBTP (gauche) © Encore Heureux. réception d'une presse manuelle supplémentaire chez DIPAK (droite) © DIPAK.

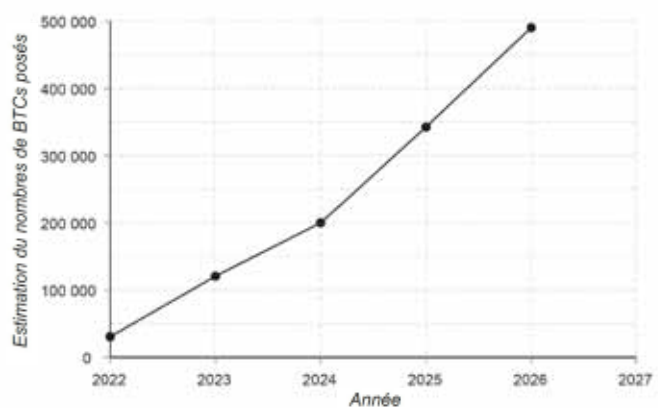


Figure 7. Estimation du nombre de BTCs posées par année[18].

3.2.3. Le développement de nouveaux acteurs de la filière terre crue

La normalisation de la filière brique de terre comprimée conduit à la venue d'acteurs industriels comme le groupe Colas dont la filiale ETPC est implantée à Mayotte depuis près de 25 ans, et qui a pour objectif l'extraction et la production de carrière, la préfabrication de matériaux à base de ciment et le béton prêt à l'emploi. ETPC souhaite produire de façon industrielle, avec régularité, qualité et quantité des BTCs — en accord avec sa politique de responsabilité sociétale de l'entreprise — via l'utilisation de son outil destiné à la production d'agglomérés de béton (Fig. 8), s'inspirant ainsi de la collaboration développée en Suisse entre l'entreprise Terrabloc et l'industriel Cornaz.

Dans l'attente du développement d'un marché à échelle industriel — probablement à hauteur de plus de 1 000 000 briques/an — ETPC et ses partenaires[19] développent un système constructif en BTCs porteurs destiné à produire un prototype démonstrateur AL'MA HOME 1618 qui constitue une alternative à la maison mahoraise traditionnelle construite en parpaing et véritable gouffre énergétique en termes de besoin en climatisation (Fig. 9).

D'autres majors du BTP comme la société GTA Mayotte — entreprise de gros œuvre habituée au béton banché et parpaing — se sont mis récemment à former leurs ouvriers à la pose de la BTCs voyant son apparition sur de nombreux projets et le profit à réaliser[20].

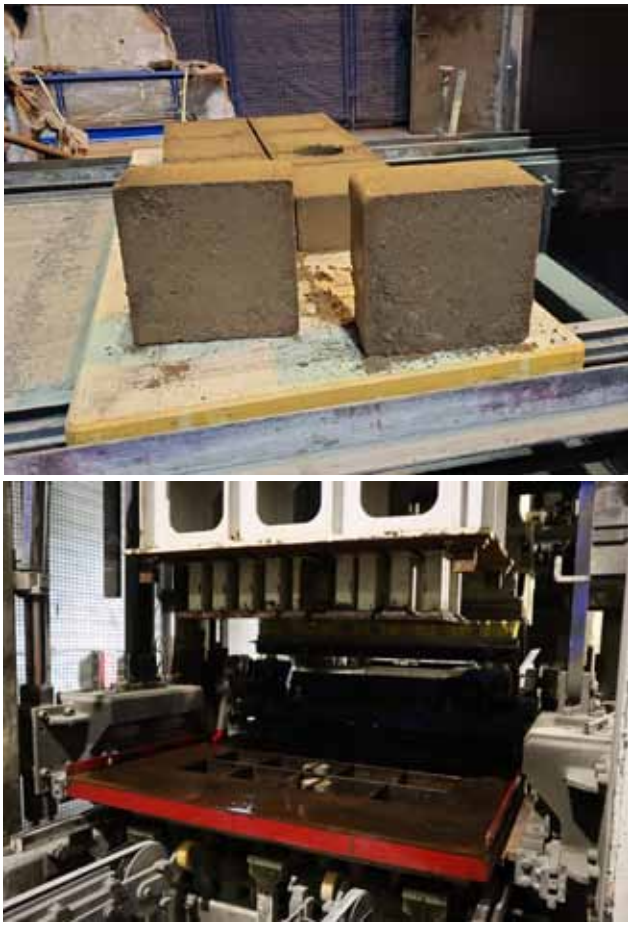


Figure 8. Production industrielle de brique chez ETPC : presse à vibro-compaction (haut), brique après compression (bas).

Figure 9. Prototype AL'MA HOME 1 618 en BTCs porteuses.

18.Ces données ne sont pas exhaustives, elles se basent sur la base de données d'Art Terre Mayotte.

19.ETPC, CRAterre, GRZ Architecture et Art Terre Mayotte ont été lauréats de l'appel à manifestation d'intérêt lancé par AL'MA (Action Logement Mayotte) en octobre 2022.

20.Le mètre carré de BTCs posée est autour de 250 €.

3.2.4. Le développement de nouvelles filières

Le retour d'expérience ayant permis la reconnaissance de la BTC comme technique conventionnelle est une source d'inspiration pour la recherche et développement de nouveaux matériaux à base de terre et fibres/feuilles végétales (fibres de coco, fibres de bagasse et feuilles de bananier), supprimant ainsi l'usage de ciment. Cette expérimentation s'est effectuée dans le cadre du projet TOMA[21], fruit d'une collaboration inter outre-mer entre Art Terre Mayotte et La Brique de Guyane[22] ayant abouti au développement de Briques de terre comprimée fibrée (BTCF) et de panneaux en terre et bagasse plus performant thermiquement que des BTCs (Fig. 10). Ce projet de recherche a permis de formuler des matériaux fibrés de les caractériser : densité sèche, conductivité thermique, absorption et désorption. D'autres projets, comme AMATECO[23], permettront d'améliorer les process de fabrication, de les mettre en œuvre à travers des prototypes, de les réglementer — production d'ATEx par exemple — et enfin de les commercialiser.

21.Le projet Terres d'outre-mer améliorées (TOMA) est la réponse apportée par un groupement d'acteurs pluridisciplinaires au programme inter Outre-mer pour des bâtiments résilients et économes en énergie (OMBREE) développé par l'Agence qualité construction.

22.D'autres acteurs comme le Cerema (antenne Strasbourg), l'agence d'architecture terre neuve et le bureau d'études BioBuild Concept ont pris part au projet.

23.Atelier mahorais des terres à construire (AMATECO).

Figure 10. Brique de terre comprimée fibrée — feuilles de bananier — (haut) et panneaux de terre et bagasse (bas).

Dans la continuité des travaux de normalisation, l'association Art Terre Mayotte travaille aujourd'hui sur la structuration de la filière terre à Mayotte avec pour objectif de développer avec ses partenaires[24] un atelier mahorais des terres à construire qui constituerait un pôle d'excellence et de référence à l'échelle de Mayotte et de l'océan indien. Le site associera des activités : 1) de formation des artisans, MOAs et MOEs, 2) de production à travers la mise à disposition d'équipements à destination des producteurs existants et futurs, 3) de recherche et développement de produits innovants (mortier de pose non stabilisé, mortier à enduire préformulé, matériaux fibrés) et la mise en place d'une démarche contrôle qualité.

CONCLUSION

Dans les deux exemples, Cycle Terre et Art Terre, et malgré une évidente reconnaissance des matériaux par ces procédures de validation technique qui permet de favoriser son emploi, la limitation plus ou moins importante des domaines d'emploi reste vécue comme une contrainte trop rigide et restrictive par les acteurs de la filière, producteurs, maçons, concepteurs et maîtrises d'ouvrages. D'autant plus que les procédures sont longues, complexes et coûteuses pour préparer, renouveler ou modifier ces référentiels techniques et qu'ils sont les plus souvent portés par des petites structures dans un contexte certes dynamique, mais encore modeste en termes de marchés. La recherche du consensus entre les acteurs, quasi inévitable en l'absence de documents normatifs, tend à disparaitre en présence des référentiels techniques et fige ainsi la position des contrôleurs technique sur une application stricte du texte.

Les résultats de quelques années de développement de la filière terre en Île-de-France peuvent difficilement être comparés aux 40 années de développement et de travail autour de la normalisation de la filière BTCs à Mayotte. Cependant, dans les deux cas, la réalisation des différents référentiels techniques, ATEx et Règles professionnelles, malgré leurs limites, montre les impacts positifs que ceux-ci peuvent avoir sur le dynamisme de la production et de la construction en terre dans ces territoires. Il serait pertinent d'essayer d'évaluer si ceux-ci ont pu avoir un impact plus large à l'échelle régionale, nationale (hexagone et outre-mer) et internationale.

24.Art Terre Mayotte et ses partenaires l'EPFAM, CRAterre, Cycle Terre, OIDF, CAPEB Mayotte, Kaja Kaona sont lauréats de l'appel à projet « alternatives vertes 2 » faisant partie du dispositif France 2030 financé par la Caisse des dépôts.

BIBLIOGRAPHIE

AQC, (2022). *Publication semestrielle de la commission prévention produits,* édition Agence qualité construction.

Antoine, A. -L., Carnevale, E. (2019). *Architectures contemporaines en terre crue en France de 1976 à 2015 : pourquoi et comment les acteurs construisent avec ce matériau aujourd'hui ?* Mémoire de DSA Terre. ENSAG

Bastin, A. (2023). *Gouverner le métabolisme : les terres excavées franciliennes,* Collection Réflexions en partage, Éditions PUCA,

Gasnier, H. (2019). *Construire en terres d'excavation, un enjeu pour la ville durable*, thèse de doctorat, université Grenoble-Alpes.

Lietar, V., Misse, A. (dir.) (2022). *Règles professionnelles Blocs de Terre Comprimée (BTC) Mayotte*. CRAterre, Villefontaine.

Lietar, V., Tessier, D., De Loriol, N. (2021). *Construire en terre mahoraise : témoignages sur la filière mahoraise bloc de terre comprimée.* CRAterre, Villefontaine.

Tessier, D., Devescovi, S., Wallers, E., Dusausaye, T., Ferandez, R., et De Wurstemberger, D. (2022). *La frugalité crée la ressource*, actes de colloque biennal d'architecture tropicale 2022, La Réunion.

Van Kote G. (2013). « Le Grand Paris face à une montagne de déblais », *Le Monde,* 22 mars 2013.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Arnaud MISSE, Architecte DPLG, enseignant chercheur, équipe CRAterre/unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC)/École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG)/Université Grenoble Alpes (UGA)/38 100 Grenoble, France.
Architecte, spécialiste de la construction en terre, responsable de la thématique matériaux du CRAterre, ses travaux portent sur la place de la terre dans l'architecture contemporaine et questionnent les systèmes constructifs, les filières de productions et la circularité dans la construction. Il est également associé de l'agence NAMA architecture.

Eugénie CRÉTÉ, Ingénieur ECP, chargée de projet au sein de l'association CRAterre.
Ingénieure ayant travaillé comme chercheuse au sein de l'UR AE&CC de l'ENSAG puis en tant que chargée de projet pour l'association CRAterre depuis 2021, ses thèmes de travail sont : la caractérisation des matériaux et systèmes constructifs en terre crue, le montage d'unité de production de matériaux, l'assistance technique lors de projets de construction intégrant de la terre.

Melvyn GORRA, Ingénieur matériaux, coordinateur de l'association Art Terre Mayotte.
Ingénieur matériau passé par le DSA Terre 2020-2022, ses expériences professionnelles se situent dans le domaine de la production de Bloc de terre comprimée (organisation production et contrôle qualité). Coordinateur de l'association Art Terre Mayotte depuis octobre 2022, il travaille sur la restructuration de la filière BTC à Mayotte.

VALIDACIÓN ANTE NORMAS DE SISTEMAS BIOCONSTRUCTIVOS: FARDOS DE PAJA, QUINCHA LIVIANA HÚMEDA, QUINCHA LIVIANA SECA, ESTUCOS DE TIERRA CRUDA FINO Y GRUESO, ADOBE CELULOSA Y ADOBILLO.

Broughton Wainer Jorge, Arquitectura en Fardos, Chile (jbw@arquitecturaenfarrdos)
Acevedo Oliva Romina, EstudioTribal (romina@estudiotribal.cl)
Carrillo Zúñiga Oscar, ManzanaVerde/EstudioTribal (oscar@estudiotribal.cl)
Ayensa Diana, Cooperativa Panal,Gremio Bioconstrucción de Chile (mesatrabajominvu@gremiobioconstruccion cl)
Gallardo Andrade Marcela, Bioconstrucción Oveja Negra, Gremio Bioconstrucción de Chile A.G. (mgallardoandrade@gmail.com)
Conde Bueno Ignacio, TramaLar, Gremio Bioconstrucción de Chile A.G. (investigacionynormativa@gremiobioconstruccion.cl)

RESUMEN

La validación ante normas de sistemas constructivos naturales es un proceso importante para garantizar que los edificios y estructuras construidas con materiales naturales cumplan con los estándares de seguridad, sostenibilidad y durabilidad en nuestro país.

En Chile, existen varias normas y regulaciones que rigen la bioconstrucción, como la Norma Chilena de Construcción Sustentable (NCh 3560) y la Norma de Diseño y Construcción de Edificios con Materiales Naturales (NCh 433).

Algunos de los aspectos que se evalúan en la validación de sistemas constructivos naturales incluyen:

1. Resistencia y durabilidad de los materiales
2. Comportamiento sísmico y resistencia a fuerzas laterales
3. Aislamiento térmico y acústico
4. Sostenibilidad e impacto ambiental
5. Cumplimiento con las normas de accesibilidad y seguridad

Para obtener la validación, los proyectos de construcción con sistemas naturales deben ser evaluados y certificados por entidades reconocidas, como el Instituto Nacional de Normalización (INN) o la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT).

Los resultados de los materiales ensayados a continuación crean la expectativa de usarlos para hacer nuevas o mejorar viviendas existentes, en relación a su confort y a poder masificar su uso a nivel Nacional y abrir una brecha para lograr nuevas pruebas de laboratorio de nuevos biomateriales o sistemas bioconstructivos.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se enfocó en determinar alternativas de construcción de pertinencia cultural y de bajo impacto ambiental para el centro -norte y centro sur de Chile que reinterpretarán distintos sistemas y materiales bioconstruidos que cumplieran con las normativas de construcción vigente en cuanto a sus aspectos térmicos, a la acción del fuego y acústica, además de la permeabilidad al vapor y conductividad térmica para construir vivienda social o privada en Chile. Los desafíos de la construcción con tierra y su adaptación a modos de vida urbana contemporánea, la imagen de la modernidad y la cultura global son también puntos a considerar desde la misma enseñanza de la arquitectura, tal como lo plantean Rodríguez Larraín y otros (2013), donde también se propone que representan la cultura local y que precisan cumplir con estándares técnicos modernos la necesidad de investigar sistemas constructivos para proyectar su uso a futuro.

1. CONTEXTO

1.1 ASPECTOS ECOLÓGICOS

En Chile, el desarrollo sustentable está definido en la Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente (2011, p.2) como "el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras". Uno de los grandes desafíos que plantea el desarrollo sustentable es la construcción, por tal razón en 2012 se firmó un convenio marco de colaboración entre el Ministerio de Obras Públicas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Ministerio de Energía y Ministerio del Medio Ambiente con el objetivo de coordinar, promover, difundir y fomentar la construcción sustentable en el país.

A nivel internacional, los países que participaron en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en Kioto, Japón, en diciembre de 1997 redactaron conjuntamente un acuerdo internacional sobre el calentamiento global conocido como el Protocolo de Kioto. Los países que aprueban el documento se comprometen a reducir las seis categorías de gases de efecto invernadero (GEI). En la mayoría de los países industrializados, el gas más importante de efecto invernadero emitido es el dióxido de carbono (CO_2), que representan el 80% a 85% del total de GEI. Los materiales para la construcción se pueden dividir entre los que son fuentes netas de CO_2 y aquellos que son sumideros de CO_2: por un lado, se encuentran los metales, materiales sintéticos derivados del petróleo y los cementicos; por otro lado, están los materiales naturales de bajo tratamiento industrial, que tienen la capacidad de absorber CO_2 durante la fase de crecimiento propio de las plantas (MacMath, Fisk, 1999).

La figura 1 presenta un listado de materiales comunes en la construcción, en ella se constata como principal sumidero de CO_2 los fardos de paja.

1.2 ASPECTOS TÉCNICOS

Los estudios realizados se enfocan en validar sistemas constructivos que reinterpretan la cultura constructiva patrimonial de Chile: fardos de paja, quincha liviana húmeda, quincha liviana seca, estucos de tierra cruda fino y grueso, adobe celulosa y adobillo en función de su desempeño frente al fuego, como reductor acústico y térmico, además de la permeabilidad al vapor; confirmando que cumplan con los requerimientos mínimos exigidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), y permita su inscripción en el Listado Oficial de Sistemas constructivos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

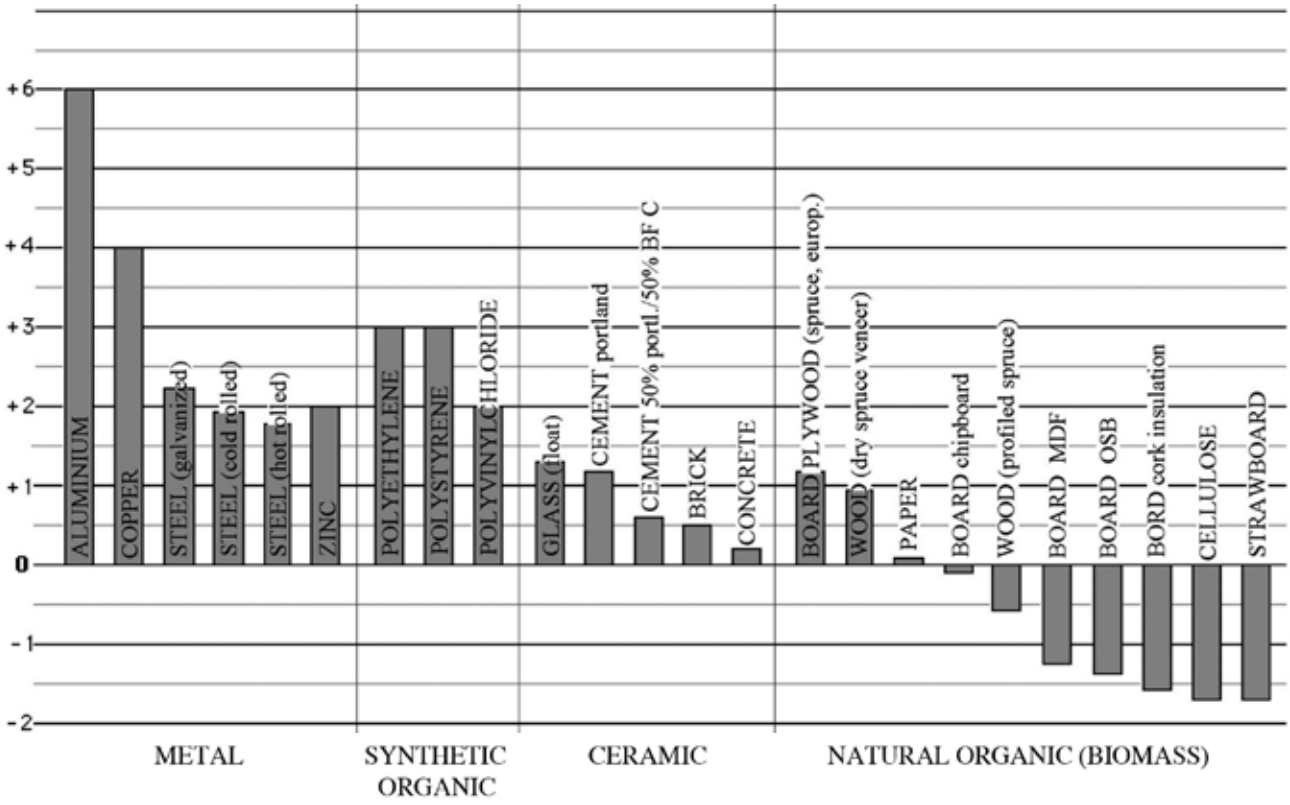


Figura 1. Tabla comparativa de materiales para la construcción.
© MacMath, Fisk, 1999.

La validación permite el reconocimiento oficial de las características de resistencia al fuego, transmitancia térmica y acústica para los muros ensayados, con lo cual se facilita el ingreso y aprobación de proyectos a Direcciones de Obras Municipales y otras reparticiones públicas; además de posicionar la construcción con fibras naturales y tierra como alternativa que cumple con los estándares en Chile con mayores características de sustentabilidad y pertinencia cultural en relación de materiales de construcción industrializados.

2. MÉTODO

Para determinar los sistemas constructivos a ensayar se toman en cuenta la herencia constructiva relacionada en Chile, su aplicación, ventajas y desventajas, y el cumplimiento de los requerimientos normativos actuales. Este primer análisis permitió determinar el uso exclusivo de la madera como elemento estructurante, el cual es apoyado por un reticulado metálico o de madera para contener el relleno aislante interior, que, en la mayoría de los casos estudiados, era de una mezcla de tierra arcillosa con paja de trigo en un 15% aproximadamente; que finalmente era revestida con una mezcla de tierra estabilizada con arena y diferentes aditivos. Se decide estructurar ambos muros con madera de escuadría 2" x 4" (50 mm x 100 mm) distanciado cada 60 cm, de la misma forma como los maestros carpinteros habitualmente en Chile levantan los muros perimetrales e interiores; se incorpora el uso de mallas metálicas electro-soldadas, que son fácilmente accesibles en ferreterías locales; se incorpora el uso de rellenos de alto rendimiento térmico como es la paja seca, para concluir con un doble revoque de tierra estabilizada con paja de trigo picada. A continuación, se describen los sistemas constructivos a evaluar y los ensayos de laboratorio que permiten validar sus características ante la acción del fuego, térmicas, acústicas y de permeabilidad al vapor; y su cumplimiento, por tanto, de las solicitaciones mínimas o máximas indicadas en la OGUC vigente.

2.1 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS A ENSAYAR

2.1.1 Fardos de paja

Se definió un sistema constructivo el cual es un elemento estructural destinado a uso como muro divisorio o perimetral de edificios, formado por fardos de paja confinados en una estructura de madera, dispuestos en aparejo tipo "pandereta". Los fardos poseen una densidad aproximada de 90 kg/m3 y dimensiones de 1 m x 0,45 m x 0,35 m, aproximadamente. La estructura de 2" x 3" (50 mm x 75 mm) se constituye en su totalidad por madera de pino con impregnación por vacío (IPV).

Estos elementos verticales se distancian al ancho de dos fardos de paja y se componen de dos pies derecho distanciados a 0,30 m a eje en sentido perpendicular al muro, con travesaños de 0,25 m. Los elementos horizontales se configuran de manera similar, incorporando travesaños de 0,25 m cada 0,43 m a eje. Por la cara interna de los componentes verticales y horizontales, se refuerza con placa de OSB de 15 mm.
Sobre las caras de muro se aplica un primer revoque de imprimación en base a tierra arcillosa de alta plasticidad (TAAP) y arena de río, en proporción 1:1, el cual debe penetrar 3 cm dentro del fardo de paja. Posteriormente, una vez seca la capa anterior, se aplica un segundo revoque en base a TAAP, arena y paja de trigo picada en proporción de 1:2:1, con un espesor de 3 cm interior y 4 cm exterior. Se completa el muro con un último revoque en base a TAAP y arena en proporción de 1:3 al cual se le agrega 10% de cal hidratada a la mezcla, con un espesor de 1 cm interior y exterior. El ancho total del muro es de 44 cm (figura 2).

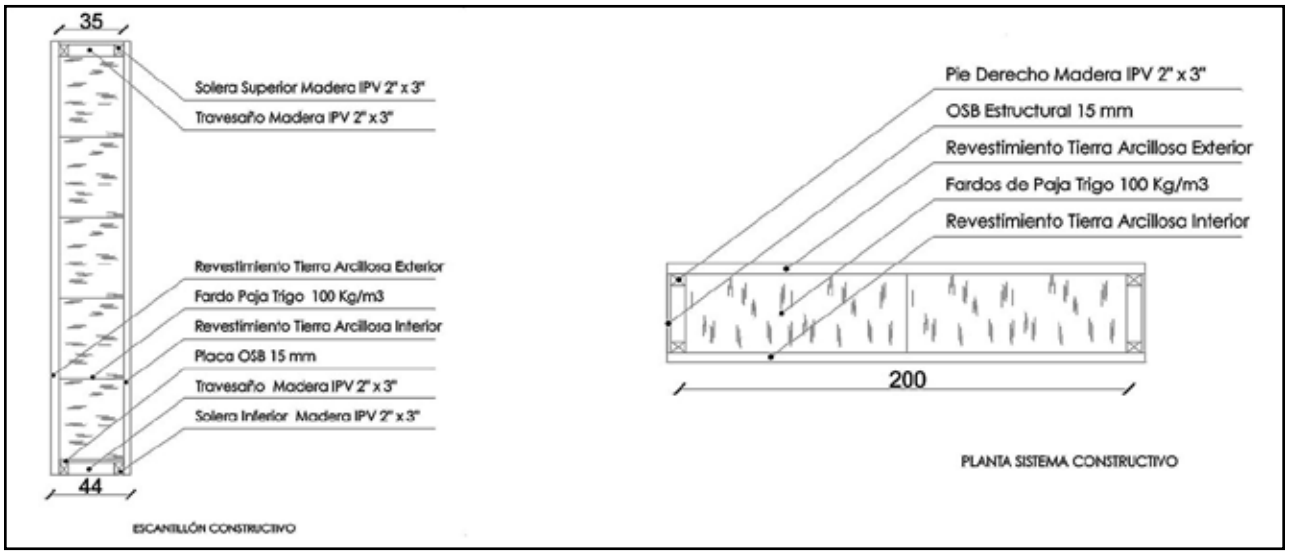
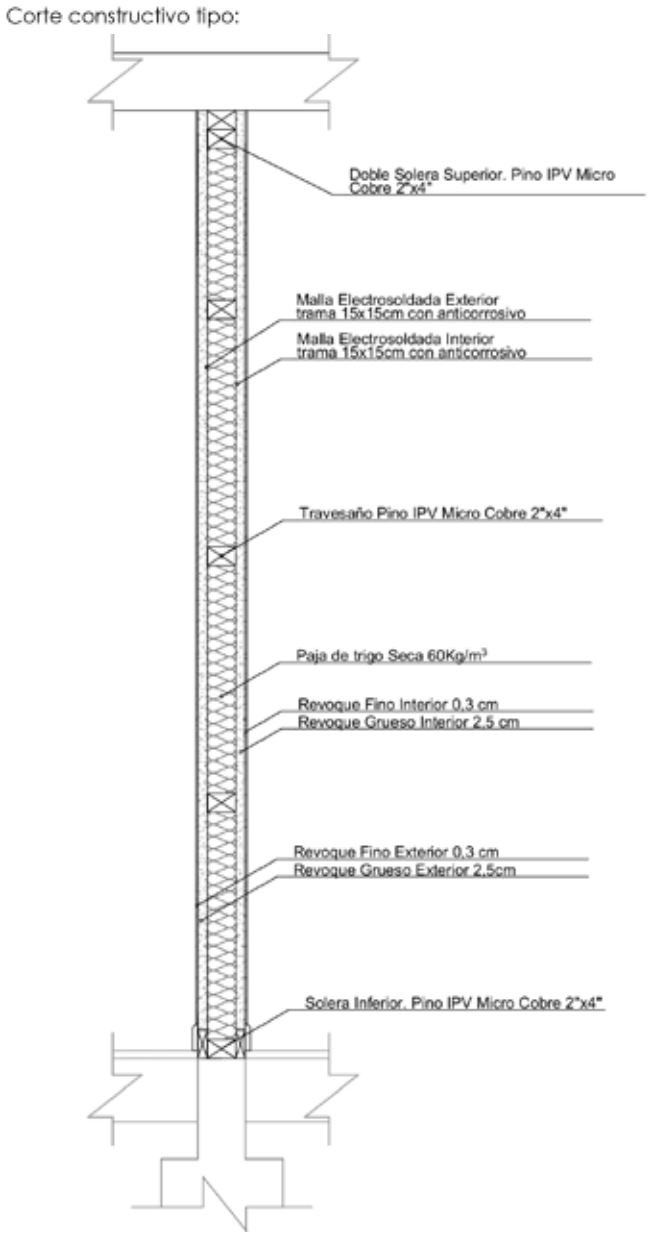

35
Solera Superior Madera IPV 2" x 3"
Travesaño Madera IPV 2" x 3"
Revestimiento Tierra Arcillosa Exterior
Fardo Paja Trigo 100 Kg/m3
Revestimiento Tierra Arcillosa Interior
Placa OSB 15 mm
Travesaño Madera IPV 2" x 3"
Solera Inferior Madera IPV 2" x 3"
44
ESCANTILLÓN CONSTRUCTIVO
Pie Derecho Madera IPV 2" x 3"
OSB Estructural 15 mm
Revestimiento Tierra Arcillosa Exterior
Fardos de Paja Trigo 100 Kg/m3
Revestimiento Tierra Arcillosa Interior
200
PLANTA SISTEMA CONSTRUCTIVO

Figura 2. Escantillón y planta de muro de fardos de paja ensayado.

2.1.2. Quincha liviana seca

• Clasificación estructural: Estructura de madera reforzada con mallas metálicas (Categoría "E" según tabla MINVU):
Muro divisorio o perimetral de edificios, formado por una estructura de madera de pino aserrada impregnada seca con micro cobre (cobre micronizado) de escuadría de 2" x 4" (50 mm x 100 mm), compuesta de pie derechos distanciados a 60 cm a eje y travesaños o cnetas distanciados a no más de 65 cm a eje entre sí y con soleras superiores o inferiores. Por lado interior y exterior del muro se colocará una malla electrosoldada de trama cuadrada trama de 15 x 15 cm compuesta de fierro de espesor de 4,2 mm con protección ante la corrosión.


Corte constructivo tipo:
Doble Solera Superior. Pino IPV Micro Cobre 2"x4"
Malla Electrosoldada Exterior trama 15x15cm con anticorrosivo
Malla Electrosoldada Interior trama 15x15cm con anticorrosivo
Travesaño Pino IPV Micro Cobre 2"x4"
Paja de trigo Seca 60Kg/m³
Revoque Fino Interior 0,3 cm
Revoque Grueso Interior 2,5 cm
Revoque Fino Exterior 0,3 cm
Revoque Grueso Exterior 2,5cm
Solera Inferior. Pino IPV Micro Cobre 2"x4"

• Clasificación según relleno aislante termo-acústico: paja de trigo seca de 60 kg/m3.
Entre todos los elementos de la estructura de madera y entre ambas mallas, se rellena con paja de trigo seca sacada de los fragmentos condensados del fardo con una densidad mínima de 90 kg/m3 y apisonado de forma manual dentro del muro sin dejar espacios vacíos que puedan convertirse en puentes térmicos. La forma de rellenar este espacio entre mallas es: desde abajo hacia arriba del muro desde la segunda línea de la malla electrosoldada de 10 cm se echa la paja sobre la primera línea sobresaliendo 2 cm sobre dicha línea y luego apisonando con la mano hasta que la paja alcance el nivel de esta línea. Así sucesivamente se rellenará hasta la solera superior, cuidando de completar todos los espacios entre la estructura de madera. La densidad de este relleno aislante debe ser de 60 kg/m3 al interior de la estructura de madera.

• Clasificación según sus revestimientos: doble revoque de tierra arcillosa estabilizada. Sobre las caras de muro se aplica un revoque grueso en base a tierra arcillosa de mediana plasticidad, a la que se incorpora un 15% paja trigo seca picada en largos de 3-5 cm Dicho revoque tiene un espesor de 2,5 cm, tanto en la cara interior como exterior del muro.
Como terminación final se aplica un revoque fino de 0,3 cm por cada lado del muro, que se elabora a partir de la mezcla de una proporción 1:2 de tierra arcillosa de mediana plasticidad y arena de rio de granos no mayores a 0,2 cm, a cuya mezcla se le adiciona un 15% de paja trigo tamizada de 0,3 cm máximo. En zonas lluviosas se recomienda el uso de hidrófugos los que permitan respirar al muro como biopolímeros o cal hidratada para mejorar la resistencia revoques en una proporción no mayor al 10% de la mezcla total.

• Plano de sistema constructivo quincha liviana seca (figura 3).

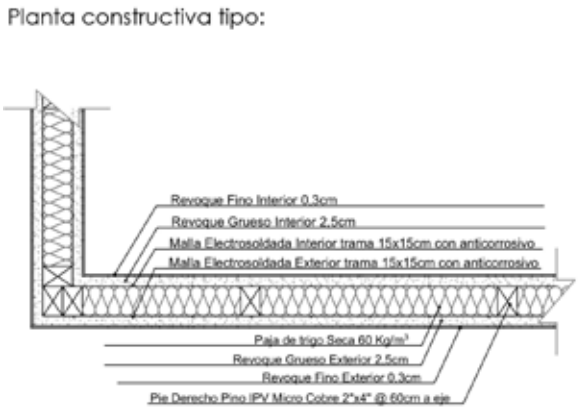

Planta constructiva tipo:
Revoque Fino Interior 0,3cm
Revoque Grueso Interior 2,5cm
Malla Electrosoldada Interior trama 15x15cm con anticorrosivo
Malla Electrosoldada Exterior trama 15x15cm con anticorrosivo
Paja de trigo Seca 60 Kg/m³
Revoque Grueso Exterior 2,5cm
Revoque Fino Exterior 0,3cm
Pie Derecho Pino IPV Micro Cobre 2"x4" @ 60cm a eje

Figura 3. Quincha liviana seca: a) planta ; b) corte

2.2 ESTUDIOS Y ESTÁNDARES SEGÚN NORMATIVA VIGENTE EN CHILE

Se realizaron tres tipos de ensayos en laboratorios acreditados por el MINVU por cada sistema constructivo para determinar si cumplen con los estándares de resistencia al fuego, de acondicionamiento térmico y de reducción sonora según lo reglamentado en la OGUC.

2.2.1. Ensayo al fuego y estándares según la NCh935/1 (1997)

• Descripción estudio comportamiento al fuego
Estudio llevado a cabo en laboratorio IDIEM de la Universidad de Chile y tuvo como finalidad determinar el retardo al fuego en minutos de un muro de construcción. Se construyó un muro de ensayo de medidas 2,2 m de ancho, 2,4 m de alto y 0,156 m de ancho. La solución ensayada incluyó todos los elementos constituyentes del muro: madera aserrada, rellenos aislantes y terminación en tierra. El muro se introduce para su ensayo dentro de un bastidor, cuya cara interna queda dentro de un horno, el cual quema de forma controlada la probeta hasta 2000 c°. El ensayo se detiene en el momento que la llama de fuego traspasa el muro o cuando la emisión de gases o temperatura supera los límites establecidos por la norma o en último caso cuando se sobrepasa el tiempo contratado para el ensayo.

• Exigencias a cumplir según OGUC
Los artículos 4.3.2, 4.3.3. y 4.3.4 de la NCh935/1 (1997) clasifican el tipo de construcción según destino y el número de pisos del edificio, su superficie edificada, o la carga de ocupación, o la densidad de carga combustible, según corresponda, de acuerdo a la tabla 1. En el caso de viviendas de uno o dos pisos, se considera como "tipo d" por lo cual deberá cumplir con lo señalado en la tabla 2, especificada en el artículo 4.3.3 de la OGUC.

Figura 4. Ensayo al fuego realizado en IDIEM.

2.2.2. Ensayos térmicos y estándares según la NCh 851 (2008)

• Estudio de transmitancia térmica
El estudio realizado en los laboratorios del Centro de Investigación de Tecnológicas de la Construcción (CITEC) de la Universidad del Bio-Bio tiene como objetivo precisar la transmitancia térmica (U) del sistema constructivo a ensayar, para cerciorarse de que cumpla con las exigencias para los diferentes climas y zonas geográficas en Chile. Se construyen tres muros de prueba dentro de un bastidor determinado de 1,38 x 1,54 m el cual después se introduce dentro de una termocupla que registra la transmitancia térmica (U) la que a su vez permite conocer la resistencia térmica (Rt) de una solución constructiva al dividir 1 por el "U" (1/U).

Figura 5. Zonas térmicas en Chile.

Los muros a ensayar una vez montados en los bastidores de ensayo se aíslan sus bordes con espuma de poliuretano para tapar puentes térmicos que puedan quedar en el perímetro del muro. Luego son instalados dentro de la cámara térmica, la cual se abre para ingresar una nueva probeta La cámara térmica se compone de dos partes, las cuales cubren ambas caras del muro; una emite calor al muro de forma eléctrica y la otro registra el calor que logra pasar al otro lado del muro, con lo cual se precisa su transmitancia térmica (U).

• Exigencias normativas a cumplir según OGUC
El artículo 4.1.10. se determinan 7 zonas térmicas en las cuales divide el territorio nacional según su clima (figura 5), siendo la Zona Térmica 1 la más calurosa en todo el año (Zona Norte) y la zona térmica 7 aquella más fría la cual representa a áreas cordilleranas y regiones australes. Así, por ejemplo, Santiago corresponde a la zona térmica 3 y Concepción a la zona térmica 4.

Para cada zona térmica se indica la transmitancia térmica (U) máxima o resistencia térmica (Rt) mínima:

Zona	Muros	
	U [W/(m²xK)]	Rt [m²xK/W]
1	4,0	0,25
2	3,0	0,33
3	1,9	0,53
4	1,7	0,59
5	1,6	0,63
6	1,1	0,91
7	0,6	1,67

2.2.3. Ensayos acústicos y estándares según la NCh2786 (2003)

• Estudio de reducción acústica
El estudio se realizó en los Laboratorios del Centro de Investigación de Tecnológicas de la Construcción (CITEC) de la Universidad del Bio-Bio y tuvo como objetivo precisar el índice de reducción acústica medido en decibeles (dB). Se construye para el ensayo un muro dentro de sala acústica del laboratorio con las siguientes dimensiones: 3,95 m de ancho x 2,55 m de alto. La probeta de ensayo se instala al medio de una sala especialmente aislada del exterior que no permite ingresar ninguna contaminación sonora. Desde un lado de la sala se emiten frecuencias sonoras de la más aguda a la más grave; desde el otro lado se reciben, a través de sensores, las frecuencias que traspasaron el muro midiendo la reducción acústica que genera el muro.

• Exigencias normativas a cumplir según OGUC
La reducción acústica mínima, establecida en el artículo 4.1.6 de la OGUC es de 45 decibeles (dB), lo cual es sólo aplicable para muros medianeros, los cuales separan dos unidades de viviendas, como en el caso de las viviendas pareadas o continuas. La OGUC no determina mínimos de reducción acústica para viviendas aisladas.

3. RESULTADOS

3.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA AL FUEGO

El ensayo realizado en el IDIEM de la Universidad de Chile constató un retardo de 120 minutos a la acción del fuego (F-120) para ambas soluciones constructivas, lo que permite cumplir inclusive con el estándar más alto para vivienda que es el de muro cortafuego (tabla 3).

Sistema constructivo	Quincha liviana húmeda	Quincha liviana seca
Resultado	120 minutos de resistencia a la acción del fuego (F-120)	120 minutos de resistencia a la acción del fuego (F-120)
Evaluación	Cumple para todos los tipos de muro, incluso muro contrafuego	Cumple para todos los tipos de muro, incluso muro contrafuego
Exigencia para muros (artículo 4.3.3. de la OGUC)	15 minutos (F-15) para muros perimetrales de viviendas 2; 30 minutos (F-30) para muros perimetrales menores a 140 m de viviendas mayores a 140 m²; 60 minutos (F-60) para muros medianeros; 120 minutos (F-120) para muros contrafuego	

Figura 6. Tabla 3 : Resumen de ensayos al fuego (IDIEM – laboratorio acreditador).

Las probetas de ensayo en ningún momento superaron las condiciones permitidas de la NCh935 /1 (1997), no interrumpiendo en ningún momento el ensayo, supervisado constantemente por los técnicos del laboratorio IDIEM quienes median que temperatura exterior y niveles de gases que se encontraban, esta prueba era controlada con reloj digital en el lado izquierdo de donde se estaba ensayando el muro. En la figura 6b se muestra el reloj marcando 2:02 horas, que significan 122 minutos de resistencia dentro de los parámetros establecidos por la norma. La resistencia al fuego lo categoriza como F-120.

3.2. ESTUDIO TÉRMICO

Los resultados de los estudios térmicos de las 3 probetas por cada sistema constructivo arrojaron pequeñas diferencias, donde se considera el resultado más desfavorable para cada solución como valor oficial de ensayo. Los resultados de transmitancia térmica (U) para el sistema constructivo de quincha liviana húmeda fueron de 1,03 W/(m²×K) y para la quincha liviana seca de 0,73 W/(m²×K), quedando ambos por debajo

Figura 7. Imágenes del muro durante el ensayo. A la izquierda del muro se observa el cronómetro superando las 2 horas de ensayo (120 minutos).

de los máximos de 1,1 W/(m²×K), lo que permite construir con estas técnicas en ciudades de la región de Los Lagos como Castro o Chaitén (tabla 4). Sólo lo exigido para la Zona Térmica 6 en Chile, no cumple en la Zona Térmica 7 que corresponde a zonas cordilleranas o australes de Chile.

Sistema constructivo		Quincha liviana húmeda	Quincha liviana seca
Resultados	1	1,01 W/(m².K)	0,70 W/(m².K)
	2	1,03 W/(m².K)	0,73 W/(m².K)
	3	0,99 W/(m².K)	0,73 W/(m².K)
Transmitancia térmica[1]		**1,03 W/(m².K)**	**0,73 W/(m².K)**
Evaluación		Cumple para las zonas térmicas 1 a 6, no aplicable a el área cordilleranas y australes de Chile	Cumple para las zonas térmicas 1 a 6, no aplicable a el área cordilleranas y australes de Chile
Exigencia (artículo 4.1.10 de la OGUC)		Zona térmica 1: U < 4,0 W/(m²K) Zona térmica 2: U < 3,0 W/(m2K) Zona térmica 3: U < 1,9 W/(m2K) Zona térmica 4: U < 1,7 W/(m²K) Zona térmica 5: U < 1,6 W/(m²K) Zona térmica 6: U < 1,1 W/(m²K) Zona térmica 7: U < 0,6 W/(m²K)	

Figura 8. Tabla 4: Resultados de los ensayos térmicos (CITEC – laboratorio acreditador).

3.3 ESTUDIO ACÚSTICO

El resultado del estudio acústico fue de 45 dB y 47 dB de reducción acústica, lo que es superior al mínimo de 45 dB para muros pareados o divisorios de unidades de vivienda. Este resultado permite la construcción de viviendas pareadas o viviendas continuas, sin la necesidad de agregar materiales acústicos adicionales.

1. se considera la transmitancia térmica el valor más desfavorable del ensayo de 3 probetas

Este resultado permite la incorporación de la solución al listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento acústico.

Sistema constructivo	Quincha liviana húmeda	Quincha liviana seca
Resultado	Índice de reducción acústica de 45 dB	Índice de reducción acústica de 47 dB
Evaluación	Cumple con la reducción acústica para muros medianeros	Cumple con la reducción acústica para muros medianeros
Exigencia para muros (4.1.6 de la OGUC)	Se exige sólo para muros medianeros en viviendas pareadas o continuas un índice de reducción acústica mínima de 45 dB	

Figura 9. Tabla 5 : Resultados de los ensayos acústicos (CITEC – laboratorio acreditador).

4. ENSAYOS DE MATERIALES

Ante la necesidad de desarrollar alternativas ecológicas que permitan la utilización de elementos desechados en procesos productivos para aprovechar su potencial y contribuir a la disminución del impacto ambiental que puedan generar por una inadecuada disposición, surge la oportunidad de aprovechar productos vegetales de desecho que permitan innovar en el área de los materiales de construcción, los cuales pueden servir para complementar biosistemas constructivos o para aminorar su impacto ambiental, lo cual contribuye al reemplazo de productos derivados del petróleo. Por esta razón se ensayaron otros materiales a diferencia de los sistemas constructivos anteriormente descritos, a la permeabilidad al vapor y a la conductividad térmica en la CITEC del Bio-Bio y en los laboratorios de IDIEM en Santiago, estos son:

• Estuco grueso de tierra y fibra de paja de trigo: compuesto por tierra areno-arcillosa, arena y fibra de paja de trigo en proporción 1:1:1/2, y tamaño máximo 3 mm de la arena.

• Estuco fino de tierra: compuesto por tierra arcillosa y arena, proporción 1:1, y tamaño máximo 1 mm de la arena.

• Adobe celulosa: compuesto por 72% de celulosa, 14% de viruta y 14% de arcilla.Adobillo: compuesto por 60% de tierra arcillosa, 30% de maicillo, y 10% de fibra de paja trigo.Tierra aligerada: se estudió en dos densidades, una con composición de 88% de barbotina de tierra arcillosa y 12% de fibra de paja de trigo y otra con una composición de 73% de barbotina de tierra arcillosa y 27% de paja de trigo.

• Adobe : Se estudió en dos densidades, una con una composición volumétrica de 79,7% de tierra areno-arcillosa y 21,3% de fibra de paja de trigo y otra con una composición de 60% de tierra areno-arcillosa y 40% de fibra de paja de trigo.

Los resultados correspondientes se comparan en las tablas a continuación:

A. Permeabilidad al paso de vapor de agua:

Probeta	Largo m	Ancho m	Espesor m	ρ media Kg/m3	Permeancia (kg/m2 s Pa)	**Permeabilidad δ (Kg/m s Pa)**	Densidad flujo vapor de agua g (Kg/m2 s)	**Factor resitencia vapor agua (μ)**
TIERRA ALIGERADA P3 3,7 lt/kg paja	0,3	0,3	0,034	**291**	750,0E-12	**26,0E-12**	1,1E-6	**7,21**
TIERRA ALIGERADA P2 1 lt/kg paja	0,3	0,3	0,034	**242**	680,0E-12	**23,0E-12**	970,0E-9	**8,15**
REVOQUE FINO TIERRA (2 1/2 arena gruesa 1 1/2 arena fina 1 arcilla)	0,3	0,3	0,03	**1882,9**	400,0E-12	**15,0E-12**	570,0E-9	**12,50**
REVOQUE GRUESO TIERRA (2 1/2 arena gruesa : 1 1/2 arena fina : 1 arcilla : 1/2 paja trigo)	0,3	0,3	0,03045	**1645,6**	390,0E-12	**12,0E-12**	540,0E-9	**15,63**
ARCILLA CELULOSA: 72% CELULOSA 14%VIRUTA 14%ARCILLA	0,1568	0,1563	0,024	**584,87**	739,0E-12	18,00E-12	1,04E-6	**10,84**
ADOBILLO: 60%tierra arcillosa / 30%maicillo / 10% paja trigo	0,1594	0,1595	0,0314	**1789,84**	370,0E-12	16,1E-12	519,00E-9	**16,841**

B. Conductividad térmica:

Probeta		**Largo m**	**Ancho m**	**Espesor m**	**Masa Kg**	**Densidad Kg/m3**	**Conductividad W/mK (λ)**	**PROMEDIO DENSIDAD**	**PROMEDIO CONDUCTIVIDAD**
TIERRA ALIGERADA D1	P2A P2B MC (H2)	0,5003	0,502	0,0451	2,36	208,4	**0,148**	**232,8**	**0,1057**
	P2A P2B H1	0,501	0,5003	0,0499	3,08	245,9	**0,073**		
	P2A P2B H2	0,5027	0,502	0,0464	2,86	244,0	**0,096**		
TIERRA ALIGERADA D2	P3A P3B MC (H1)	0,5012	0,501	0,0491	3,904	316,7	**0,109**	**356,7**	**0,1063**
	P3A P3B H1	0,5015	0,5022	0,0497	4,18	333,6	**0,088**		
	P3A P3B H2	0,5032	0,5018	0,0522	5,53	419,9	**0,122**		
ADOBE D1	A1A A1B MC (H1)	0,4797	0,4803	0,049	18,61	1648,0	**0,478**	**1653,0**	**0,4323**
	A1A A1B H1	0,4813	0,4833	0,0508	18,89	1598,2	**0,414**		
	A1A A1B H2	0,4822	0,4823	0,047	18,72	1712,7	**0,405**		
ADOBE D2	A2A A2B MC (H1)	0,4977	0,4982	0,0483	17,00	1419,4	**0,35**	**1443,9**	**0,3663**
	A2A A2B H1	0,4957	0,495	0,0487	17,25	1443,2	**0,317**		
	A2A A2B H2	0,4933	0,4958	0,0499	17,93	1469,1	**0,432**		
REVOQUE FINO TIERRA (tierra arcillosa y arena 1:1. tamaño mx 1mm	RF1	0,3	0,3	0,025		1684	**0,557**	**1686,7**	**0,5293**
	RF2	0,3	0,3	0,025		1680	**0,519**		
	RF3	0,3	0,3	0,025		1696	**0,512**		
REVOQUE GRUESO TIERRA (tierra arcillosa y arena 1:1, tamaño mx 3mm	RG1	0,3	0,3	0,025		1668	**0,722**	**1659,3**	**0,7253**
	RG2	0,3	0,3	0,025		1659	**0,745**		
	RG3	0,3	0,3	0,025		1651	**0,709**		
ARCILLA CELULOSA 72% CELULOSA 14%VIRUTA 14%ARCILLA	AC1	0,3	0,3	0,025		605	**0,181**	**604,0**	**0,1800**
	AC2	0,3	0,3	0,025		609	**0,18**		
	AC3	0,3	0,3	0,025		598	**0,179**		

5. RESULTADOS

Los sistemas constructivos evaluados representan una tendencia en Chile y en el Mundo que busca formas de construcción más sustentables y que reinterpreten el patrimonio constructivo existente caracterizado por la construcción en tierra y madera. Estas propuestas de sistemas constructivos se toman de la herencia constructiva relacionada con el uso de la tierra y la madera, para conformar envolventes que también cumplan con la normativa vigente en los aspectos referidos a la resistencia al fuego, de acondicionamiento térmico y acústico, conductividad térmica y permeabilidad al vapor.

Los sistemas bioconstructivos son alternativas sustentables y de pertinencia cultural para nuevos barrios, tanto sociales como privados, debido a las ventajas comparativas con otros sistemas constructivos industrializados, en las que, según los ensayos realizados, se encuentran principalmente gracias al uso de la tierra como revestimiento que tiene una alta resistencia al fuego, superando con creces a otros sistemas al fuego que catalogan ambas soluciones constructivas de estructura como muros de madera con aislación cortafuego (F-120),y revestimientos industrializados que se encuentran en torno a resistencias al fuego F-15 o F-30. La alta resistencia al fuego de los sistemas constructivos ensayados permite también construir muros medianeros o que separen dos viviendas.

• Las soluciones permiten cumplir con la aislación térmica exigida en las zonas térmicas 1 a la 6, sólo limitados para zonas cordilleranas o australes, siendo la solución constructiva seca más aislante o de mayor resistencia térmica que el muro con relleno húmedo.

• Capacidad de reducción acústica sobre el mínimo establecido para muros medianeros, significando alternativas económicas frente a otras soluciones acústicas para reducir el ruido de una vivienda a otra.
Las sumas de los materiales permiten tener una solución constructiva asequible, que puede ser presentada como solución de construcción o de autoconstrucción con pertinencia cultural en zonas de carácter patrimonial o de fuerte identidad cultural y capital social. Las alternativas constructivas ensayadas son propicias para vivienda social rural o para pequeñas comunas, donde se pueden capacitar a vecinos en la construcción con estos materiales que permita darle continuidad al patrimonio constructivo en tierra existente aún en estas localidades.

RESULTADOS SISTEMA CONSTRUCTIVO CON FARDOS DE PAJA

5.1. ESTUDIO COMPORTAMIENTO AL FUEGO

El ensayo realizado en el IDIEM constató un retardo de 120 minutos a la acción del fuego (F-120), lo cual significo el máximo del estudio contratado, pudiendo haber logrado resultados superiores llegando a la escala mayor de F-180 lo que permitiría usar este sistema constructivo para destinos industriales, sin embargo F-120 se considera la resistencia de un muro cortafuego, lo cual permite construir cualquier tipo de muro, considerando las exigencias es F-30 para casas sobre 140 m2 y solo F-15 para viviendas de menor metraje.

5.2. ESTUDIO ESTRUCTURAL DE CORTE (CARGA HORIZONTAL)

El sistema constructivo soporta en su alto de 2,4 metros un total de 400 kg aplicado lateralmente, lo cual no fue tan positivo ya que se estimaba pudiera soportar 700 kg; sin embargo, la solución es colocar diagonales metálicas o de madera que puedan soportar los esfuerzos horizontales lo cual se aplicó para realizar las probetas al fuego, térmicas y acústicas.

5.3. ESTUDIO ESTRUCTURAL DE COMPRESIÓN (CARGA VERTICAL)

El sistema constructivo soporta en su largo de 2 m un total aproximado de 18.000 kg fuerza, lo cual es muy positivo cuando se calcule el peso de una vivienda. El resultado significará que el calculista del proyecto podrá suponer una construcción de hasta dos pisos y una techumbre tan pesada como de arcilla cocida.

5.4. ESTUDIO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Los resultados del estudio térmico fueron de una resistencia térmica (Rt) de 6,67 m2k/W y una transmitancia (U) de 0,151 W/m2k; resultados que sobrepasan con creces el requerimiento de la zona térmica 7 de Chile el cual debe ser mayor a una Rt de1,67 m2k/W y menor a un U de 0,59 W/m2k.

	ESTUDIOS		
	Termico	Estructural	Al Fuego
NORMATIVA VIGENTE	Artículo 4.1.10 O.G.U.C. NCh. 853/2007	NCh. 801 y NCh 802	Artículo 4.3.7, 4.3.3 4.3.4 de la O.G.U.C. NCh 935/01.97
DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA			
EXIGENCIA NORMATIVA			
LABORATORIO ACREDITADOS			
RESULTADO ESTUDIO			
EVALUACIÓN RESULTADO			

Figura 10. Tabla 6: Resumen de resultados del sistema constructivo validado.

RESULTADOS ESTUCOS DE TIERRA GRUESO Y FINO

	Densidad (kg/m3)	Densidad flujo vapor de agua, g [kg/(m² s)]	Permeancia al vapor de agua; W [kg/(m² s Pa)]	Permeabilidad al vapor de agua; δ [kg/(m s Pa)]
REVOQUE GRUESO	1645,6	5,4 E-07	3,9 E-10	1,2 E-11
REVOQUE FINO	1882,9	5,7 E-07	4,0 E-10	1,5 E-11

De los resultados nos interesa en primer lugar la permeabilidad al vapor de agua y para poder compararlo con valores de otros materiales es necesario obtener el factor de resistencia al vapor de agua (μ), para ello debemos relacionar este valor con la permeabilidad al vapor de agua del aire según la siguiente fórmula:

$$\mu = \frac{\delta aire}{\delta} \quad \text{donde: } \delta aire = 0{,}675 \text{ mg/m·h·Pa}$$

Realizando el cambio de unidades pertinente y aplicando la fórmula antes descrita obtenemos los valores que vemos en la siguiente tabla:

	μ
REVOQUE GRUESO	15,6
REVOQUE FINO	12,5

Figura 11. Tabla 7: Factor de resistencia al vapor de agua μ, valor adimensional.

Cuanto menor es este valor, mayor es la capacidad del material para dejar pasar el vapor de agua a través de sí mismo, es más transpirable. Para poner en contexto estos resultados es necesario compararlos con otros materiales tanto industriales como naturales.

MATERIAL	μ	Fuente
Revoque tierra grueso	15,6	Autores
Revoque tierra fino	12,5	Autores
Lana de oveja (Bioiaslant)	3,084	Ficha técnica producto
Revoque de cal aérea	11	Minke, 2005
Mortero de cemento	82	RFCP, 2015
Revoque de barro arcilloso	8	Minke, 2005
Revoque de barro limoso	10	Minke, 2005
Barrera de vapor (Volcanwrap)	125.839	Ficha técnica producto
Lana mineral (Ursa Terra)	33,75	Ficha técnica producto

Figura 12. Tabla 8: Factor de resistencia al vapor de agua μ de otros materiales.

Queda abierta la necesidad de evaluar las capacidades impermeables de diferentes mezclas de revoques con aditivos, con el fin de establecer algunos procesos estandarizados de mezclas para una correcta respiración de los muros y una suficiente impermeabilidad ante la acción de la lluvia.

CONCLUSIÓN

Los informes, resultados y la inscripción en los listados oficiales de soluciones constructivas del MINVU se difundió en la publicación "Construcción en quincha liviana, sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial" (Acevedo; Carrillo; Broughton , 2019) que también está disponible de forma digital[2]. Esta información permitirá diseñar y construir viviendas con subsidios estatales, lo que permite beneficiar a familias, constructoras, contratistas, oficinas de arquitectura, entidades patrocinantes con convenio MINVU, Entidades de Gestión Rural, consultoras y ONG; lo que, a su vez, permite una correcta participación y supervisión del MINVU, SERVIU, Direcciones de Obra municipales y otras entidades gubernamentales en proyectos habitacionales.

Los resultados de los materiales ensayados a la permeabilidad al vapor y conductividad térmica abren grandes posibilidades de usarlos para mejorar viviendas existentes, en cuanto a problemas de confort higrotérmico, donde algunas de ellas no cumplen con las mínimas condiciones de habitabilidad, sin considerar la toxicidad de algunos materiales industrializados que contaminan el aire interior.

Este afán en nuestro país de normalizar biosistemas constructivos y biomateriales se está realizando para masificar su uso tanto en construcciones nuevas como en mejoras de lo existente, proyectando las metas pactadas para el año 2025 en lo que respecta al cumplimiento de las ODS.

Un mayor componente de fibras genera una mayor difusión al vapor, así que si combinamos bien la tierra cruda y la fibra tendremos un sistema constructivo apropiado y muy eficiente para cada zona climática en el Mundo que responda a las prestaciones térmicas, acústicas, al fuego y de transpirabilidad para lograr el mejor confort humano en una construcción. Tanto la tierra cruda, que se puede obtener en el mismo terreno donde se construye, como las fibras naturales que tienen una alta disponibilidad local y en general son consideradas residuos agrícolas, convertidos ambos en materiales de construcción son intrínsecamente económicos.

Por ende, si son empleados como constituyentes de sistemas constructivos y estos son normados, su divulgación generara un impacto positivo al planeta y en consecuencia al Ser Humano.

2. www.arquitecturaenfardos.cl

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, R.; Carrillo, O.; Broughton, J. (2019). CONSTRUCCIÓN EN QUINCHA LIVIANA, SISTEMAS CONSTRUCTIVOS SUSTENTABLES DE REINTERPRETACIÓN PATRIMONIAL. Disponible en https://csustentable.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2020/03/CONSTRUCCION_CON_QUINCHA_LIVIANA_1a_edicion.pdf.

Heringer, A; Lepik, A. (2014). LAUFEN MANIFIESTO, FOR A HUMANE DESING CULTURE. Revista AV, Edición 061-2014 .

Jorquera, N. (2014). CULTURAS CONSTRUCTIVAS QUE CONFORMAN EL PATRIMONIO CHILENO CONSTRUIDO EN TIERRA. Revista AUS, Edición 16-2014.

LEY Nº 19.300 SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE (2011). Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en : http://www.sinia.cl/1292/articles-51743_Ley19300_12_2011.pdf

MacMath, R.; Fisk, P. (1999). CARBON DIOXIDE INTENSIVE RATIOS: A METHOD OF EVALUATING THE UPSTREAM GLOBAL WARMING IMPACT OF LONG-LIFE BUILDING MATERIALS. Disponible en : http://goo.gl/e22hHH May, J; Reid, A. (2010). Casas hechas a mano y otros edificios tradicionales. Ediciones B lume.

NCh851 (2008). AISLACIÓN TÉRMICA -DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE TRANSMISIÓN TÉRMICA EN ESTADO ESTACIONARIO Y PROPIEDADES RELACIONADAS -Cámara térmica calibrada y de guarda. Santiago de Chile : Instituto Nacional de Normalización NCh935/1 (1997). Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general. Santiago de Chile: Instituto Nacional de Normalización

NCh2786 (2003). ACÚSTICA –MEDICIÓN DE AISLACIÓN ACÚSTICA EN CONSTRUCCIONES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN –Mediciones en laboratorio de la aislación acústica aérea de elementos de construcción.

Rodríguez Larraín, S.; Montoya, T. Gil, S.; Onnis, S.; Vargas Meuman, J. (2013). APORTES DE LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA A LA MITIGACIÓN DE RIESGOS. Cuadernos 18. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú.

Minke, Gernot (2005). MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA. Editorial Fin de siglo. p. 36

Varios autores (2015). REGLAS PROFESIONALES DE CONSTRUCCIÓN CON PAJA. Icaria editorial, Barcelona. p.151- 152

Nch 2457/2014:"PRESTACIONES HIGROTÉRMICAS DE LOS PRODUCTOS Y MATERIALES PARA EDIFICIOS - Determinación de las propiedades de transmisión de vapor de agua".

NOTAS BIOGRÁFICAS DE LOS AUTORES

Jorge BROUGHTON WAINER Arquitecto de la Universidad Católica de Valparaíso. Presidente del Gremio de Bioconstrucción de Chile. Ha desarrollado por más de 28 años construcciones en base a fardos de paja y tierra cruda, sumando aproximadamente 10.000 m2 construidos. Recibe el año 2019 el premio "Fermín Vivaceta Rupio" del Colegio de Arquitectos de Chile por su labor profesional en el ámbito de la tecnología aplicada a la arquitectura.

Romina ACEVEDO OLIVA Arquitecto Universidad del Bio-Bio, Presidenta de la Corporación ProTierra, Chile, Diplomado "Construcción en Tierra, Tradición e Innovación" PUC. Co-fundadora de la ONG Manzana Verde y Estudio Tribal, ejecutando proyectos delos Ministerios de Medioambiente, Desarrollo Social y Vivienda y Urbanismo; Embajada de Canadá, Unión Europea; y Fondos de Innovación e investigación de CORFO e Innova Bio-Bio. Ha desarrollado y construido diversos proyectos en técnicas mixtas en Tierra.

Oscar CARRILLO Z. Arquitecto Universidad del Bio-Bio. Diplomado en « Gestión del Patrimonio Cultural » de la Universidad de Concepción. Se ha desempeñado en la SEREMI MINVU y SERVIU Región del Bio-Bio; en programas de Rehabilitación del Patrimonio en Tierra. Co-fundador de la ONG Manzana Verde y Estudio Tribal, ejecutado proyectos estatales; Embajada de Canadá, Unión Europea; y Fondos de Innovación e investigación CORFO e Innova Bio-Bio.

Diana AYENSA máster en Gestión de Proyectos de Bioconstrucción; grado en Edificación por la ETSIE de la Universidad de Granada en España, y la Universidad de Nebrija; constructora y artesana del trabajo con tierra; socia del Gremio de Bioconstrucción de Chile y de Cooperativa de Trabajo Panal.

Marcela GALLARDO ANDRADE técnico en Construcción Sustentable por el Centro de Formación Técnica del Medio Ambiente de Santiago de Chile; constructora, promotora, entusiasta independiente en la construcción de viviendas con materiales naturales en Bioconstrucción Oveja Negra; socia fundadora y presidenta del Gremio de Bioconstrucción de Chile.

Ignacio CONDE BUENO licenciado Arquitecto por la universidad Alfonso X El Sabio de España; constructor especializado en materiales naturales y acabados en base a cal y en base a tierra; cofundador de TramaLar (Bioconstrucción y arte textil); socio y vicepresidente del Gremio de Bioconstrucción de Chile.

© S. Moriset

THEME 7

APPROCHES STRATÉGIQUES : AU-DELÀ DU PROJET ARCHITECTURAL, LE PROJET DE DÉVELOPPEMENT

STRATEGIC APPROACHES : BEYOND THE ARCHITECTURAL PROJECT, THE DEVELOPMENT PROJECT

ENFOQUES ESTRATÉGICOS: MÁS ALLÁ DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO, EL PROYECTO DE DESARROLLO

CONSTRUIRE EN TERRE MAHORAISE.

Vincent LIÉTAR, Art Terre Mayotte (vincentlietar@gmail.com)
Dominique TESSIER, Art Terre Mayotte (dominique-tessier@orange.fr)

RÉSUMÉ

L'exemplarité du programme d'habitat mené à Mayotte durant les années 80 à 90 tient, au-delà de son appropriation par les habitants, dans la très grande cohérence des actions de programmation, de conception et de production. Il aura produit des constructions variées parfois sophistiquées dont « l'état de l'art » a été reconnu par des prix nationaux et internationaux et désormais par une normalisation de la filière de briques de terre comprimées qui permet d'aborder l'avenir avec des projets qui font de Mayotte, le premier lieu des investissements nationaux en bâtiments publics, un foyer d'expérimentation et de développement des techniques constructives en matériaux naturels. Le présent article a pour but de mettre en évidence les outils ayant participé à la réussite d'un tel programme, d'expliquer les causes de son arrêt et de montrer comment les retombées – positives et négatives – d'une telle démarche contribuent à un véritable changement d'échelle de nos jours.

INTRODUCTION

Mayotte, île française du canal du Mozambique (Fig. 1), ses 374 km², son lagon, mais aussi ses 45 000 habitants, ses élus et son mouvement des femmes rejettent lors de la consultation de 1974 le chemin tout tracé de l'indépendance attendue pour l'archipel des Comores. Elle aura à confirmer en 1976 ce qui semble un pied de nez à l'histoire admirablement joué par les leaders mahorais : sa volonté de « rester française pour être libre », elle qui l'était depuis 1841 bien avant les autres îles. Un fait historique qui va marquer le destin de l'île et les postures.

Figure 1. Localisation géographique de Mayotte.
© Art.Terre Mayotte.

Dans la pratique, Mayotte sera, au sortir d'une période d'atermoiements du gouvernement français érigée Collectivité Territoriale en décembre 1976. Il faut alors que l'administration française siégeant à Moroni retrouve sa place à Mayotte et Dzaoudzi qu'elle avait quittée en 1957.

Si l'île a sauvé son statut français (pour un temps selon beaucoup) tout est « hors norme » avec une économie d'autosubsistance en très grande partie basée sur l'agriculture traditionnelle et la pêche. Les 74 villages inventoriés sont composés de cases en torchis, de feuilles de cocotiers tressés ou de raphia, ils sont pour la plupart inaccessibles en voiture quand on en possède une… Il n'y a évidemment pas de port, pas de réseau de distribution d'électricité sauf en petite terre, pas d'eau sinon celle des puits. La description peut, on s'en doutera être prolongée dans les domaines de la santé, de la scolarité voire même dans l'organisation administrative pour ne citer que le cadastre inexistant, les défaillances de l'état civil ou l'inexistence de communes.

Donc tout est à faire et vite, car la population fonde de vives attentes sur son choix politique par ailleurs promptement contesté par les Comores et l'Organisation de l'unité africaine, ce qui nourrira de la part du gouvernement français et pendant presque vingt ans une attitude circonspecte, des engagements timorés, en résumé une forme de distanciation qui aura finalement son importance pour les initiatives locales prises pour l'habitat.

1. LE TEMPS DE LA CONVERGENCE DES FONDATEURS

Faire vite, mais comment ? Faut-il appliquer des projets codés pour un hexagone français aussi éloigné géographiquement que culturellement de ces concitoyens d'origines africaines ou malgaches, très majoritairement musulmans appartenant à une société régie par un droit coutumier ?

La question se pose comme une provocation pour le directeur de l'Équipement nommé à Mayotte fin 1976, Jacques Maurice. C'est un homme charismatique et inspiré sinon comment expliquer qu'un ingénieur, produit de l'école nationale des travaux publics se passionne pour les projets égyptiens d'Hassan Fathy (Fathy, 1970). Face au défi d'une substitution pure et simple du bâti mahorais, environ 10 000 logements, dont la solidité ou la salubrité n'entre guère dans les critères du logement français, il décide de se donner le temps d'élaborer une réponse locale.

Soutenu par son inspectrice générale du ministère, madame Edmée Crivelli dont la sensibilité pour l'habitat mahorais ne se démentira jamais, accompagné par les principaux ténors politiques ou religieux, Jacques Maurice associe dans la réflexion une équipe exceptionnelle :

- Un ethnologue américain, Jon Breslar qui vient de rédiger sa thèse après avoir vécu de 1975 à 1977 dans des villages de brousse où il a observé et vécu les rapports, les liens sociaux, l'occupation de l'espace collectif ou intime, où il a appris la langue qu'il pratique parfaitement (Breslar, 1977).
- Un géographe-démographe, Pierre-Yves Perrot qui est venu effectuer le recensement « zéro », un exercice de terrain pendant lequel il prendra la pleine mesure de l'organisation sociétale des quartiers et des familles (Perrot, 1982).
- Un architecte-sociologue, Attila Cheyssial qu'il fait venir en mission pour établir un relevé des typologies constructives traditionnelles et de l'organisation des villages (Cheyssial, 1978).

2. POLITIQUE DE L'HABITAT ET DÉMARCHE DE DÉVELOPPEMENT

La politique d'aide au logement initiée à Mayotte prend alors une orientation en rupture avec la production du logement social en France. Il s'agira de l'inscrire dans le respect tissu villageois traditionnel et d'en faire un facteur de développement local dont les produits respecteront les structures fondamentales de la société mahoraise.

La ligne budgétaire unique (LBU) réunissant les aides au logement sous un seul label dans les départements d'outre-mer est affectée pour la première fois en 1978 à Mayotte, et va sur décision locale, financer des cases individuelles en accession. Pour les construire, il faudra faire émerger des artisans, identifier des matériaux, mais aussi mettre en place des opérateurs, mobiliser des concepteurs capables de participer à un outil de production exceptionnel.

La société immobilière de Mayotte (SIM) créée fin 1977 pour réaliser les logements des nouveaux fonctionnaires deviendra l'opérateur pivot du système. À sa tête, Pierre-Yves Perrot, directeur général et Jon Breslar, responsable du programme habitat social… On ne parlera donc pas que de mouvements financiers ou de taux d'intérêt dans cette tête.

Il faut aussi importer des matériaux de construction de qualité, de manière régulière, à des prix abordables, à peu près l'exact contraire du mode d'approvisionnement ou plutôt du marché de pénurie connu jusqu'alors. On crée pour cela (1980) une coopérative d'approvisionnement, la MUSADA, qui abritera aussi des ateliers de formation-production, charpente, menuiserie, etc. encadrés par des compagnons du tour de France. Et puis il faut compléter le dispositif par des formations diplômantes, ce sera le rôle de l'APFPC, Association pour la formation professionnelle et continue.

La boite à outils est prête et on n'oublie pas de réunir dans les gouvernances de ces structures ainsi que celle de l'ASAHM (Association pour l'étude et l'amélioration de l'habitat mahorais) l'organe en charge de la définition de politique de l'habitat, les acteurs concernés de l'État et de la nouvelle collectivité avec notamment le Président Younoussa Bamana, personnage

incontesté de la politique locale qui affiche par-là, l'engagement des leaders de Mayotte française dans ce projet (HODI, 1982).

On a compris très vite que la nécessité de produire en quantité passerait par la promotion du « logement en dur » une notion incontournable si on veut l'adhésion de la population au programme d'amélioration de son habitat. Pour construire en dur, la plus simple et la plus connue des ressources est alors le sable de mer, utilisé pour les mortiers ou la fabrication artisanale de parpaings. Cette solution est écartée, car évidemment néfaste pour les rivages, d'autant que les « stocks » que constituent les plages ne se reconstituent pas dans un contexte de lagon fermé alors que la salinité interdit de fait une construction de qualité.

Les ressources nécessaires au gros œuvre sont de fait le plus souvent inappropriées ou faibles et c'est ce contexte qui va imposer la filière de brique de terre comme une solution majeure pour le programme. L'île, très ancienne géologiquement ne possède que peu de carrières de pierres, et n'est pas équipée à ce moment-là d'unités de concassage, en contrepartie elle offre des réserves quasi infinies en terres latéritiques.

Cela n'a pas échappé à Pierre-Yves Perrot qui, à force de recherches, en vient à effectuer de premiers essais avec une presse Cinva-Ram récupérée d'un projet aux Comores. Pas du tout technicien, il part dès 1978 à la rencontre de Patrice Doat et Hugo Houben du CRAterre et organise une première mission exploratoire… La collaboration dure encore en 2024. 45 années en effet, car il faut comprendre que la démarche dont les contours se dessinent à l'époque va devoir compter avec le facteur temps, en tout cas échapper au syndrome de l'expérimentation voire de la démonstration ponctuelle pour être pleinement appropriée. Des tests de production sont faits grandeur nature, des logements témoins construits, une méthode qui perdurera au fur et à mesure de l'évolution des produits dont il s'agit de vérifier l'acceptabilité par la population et la faisabilité par les artisans. Tout est considéré et le directeur de l'Équipement ira jusqu'à faire valider le bloc de terre par les autorités religieuses.

Les résultats sont encourageants et après avoir tenté un temps l'autoproduction des blocs par les familles elles-mêmes, le choix de s'appuyer sur un réseau d'artisans bien formés apparait le plus pertinent. La SIM épaulée par CRAterre investit dans l'implantation de briqueteries, 17, équipées de 32 presses (presses manuelles Testaram) (Fig. 2). Pour répondre à un axe prioritaire du programme : construire indistinctement partout sur l'île, les briqueteries sont réparties dans l'ensemble du territoire. Cela permet d'éviter la casse, les coûteux transports engendrés par des pistes peu roulantes et enfin de créer des emplois au plus près des villages éloignés de Mamoudzou, le chef-lieu.

Chaque unité de production, simple charpente couverte d'une centaine de mètres carrés, est mise à disposition d'artisans producteurs travaillant à leur compte. Conçues initialement comme des installations provisoires qui seraient déplacées en fonction des chantiers, elles seront finalement maintenues pour assurer une production qui va progresser d'année en année et permettre une professionnalisation des producteurs au sein d'une filière de 250 emplois devenue un véritable atout pour le programme habitat (Fig. 3).

La filière BTC imaginée pour répondre aux besoins de logements sociaux est dès 1982 imposée par la SIM dans ses autres programmes et en particulier celui des logements locatifs dits intermédiaires, construits pour accueillir les fonctionnaires mutés à Mayotte. Tous les programmes de logements aidés par l'État et plus largement les opérations conduites par la SIM deviennent le point de départ d'un enracinement de la filière dans l'économie du BTP mahorais.

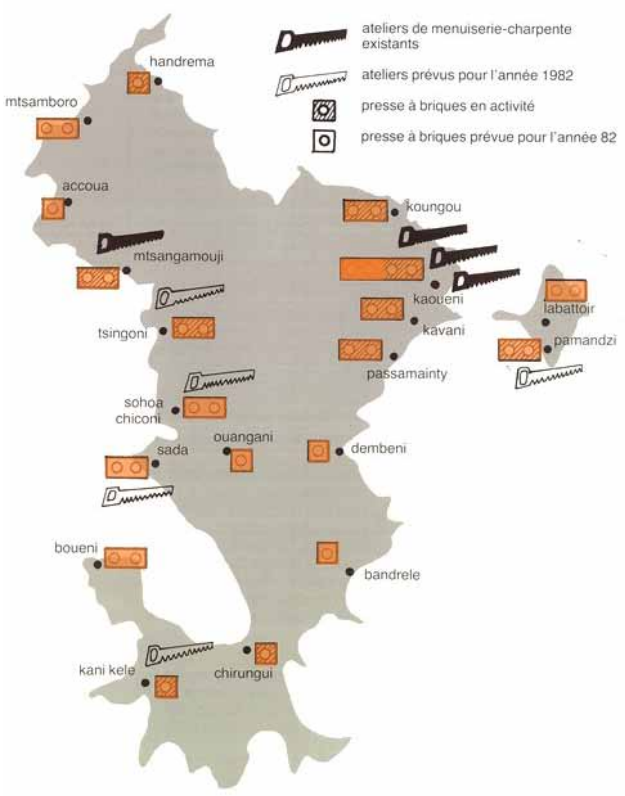


Figure 2. Carte des 17 briqueteries et 32 presses implantées entre 1981-1982 et mises à disposition des briquetiers.
© Extrait du tome 3 de l'habitat mahorais.

Figure 3. Carte des 17 briqueteries et 32 presses implantées entre 1981-1982 et mises à disposition des briquetiers.
© Extrait du tome 3 de l'habitat mahorais.

3. L'ÂGE DE LA TERRE

Après Jacques Maurice, Pierre Yves Perrot et Jon Breslar, René Quaranta prend la place de directeur général de la SIM, c'est en quelque sorte le dernier composant local de cet « alignement » des personnalités[1] qui a façonné la politique singulière de l'habitat social mahorais. Il imprime aux programmes les fondamentaux d'une réelle politique de développement local avec une dynamique exceptionnelle (SIM, 1995). En 25 années outre des bâtiments publics et privés, des écoles, 1 600 logements locatifs et 18 000 logements sociaux ont été construits dont 10 000 logements en briques soit un peu plus de 40 millions de BTC produites et posées[2], certaines années les briqueteries ont fourni plus de deux millions de blocs.

Ce résultat tient indéniablement au soutien que constitue la commande nécessaire à la livraison de 2 à 3 logements par jour, mais sa pérennité est celle d'une parfaite maîtrise des coûts, un contrôle qualité et l'émergence puis la consolidation d'un savoir-faire qui méritera plus tard la normalisation. Parmi les paramètres essentiels, l'organisation des « outils » maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre. Dans la structure SIM, ils travaillent conjointement à la mise au point de modèles, de principes constructifs maîtrisés par les artisans, à la mise en place des procédures de commandes, de suivi de chantiers, de modalités de règlement voire de garanties compatibles avec leur réalité financière.

Trois exemples :

- Pour assurer plusieurs visites hebdomadaires au rôle de contrôle-formation, le suivi de travaux cumulait une quinzaine de personnes réparties par équipes et par zone géographique, à proximité des chantiers.
- Pour pallier à la faiblesse des moyens financiers des artisans, briquetiers ou PME, les paiements étaient effectués sous 10 jours et les situations financières inférieures à 350 € pouvaient être réglées en liquide.
- Pour assurer une garantie aux accédants, 1 % du montant des opérations était mis en réserve puis réinvesti dans les opérations au terme de 5 années constatées sans désordre.

Au total les retombées concrètes sont significatives : le mètre carré réalisé par le tissu artisanal coûte 30 % à 40 % de moins que celui des projets publics. Le mur de briques fini, réputé consommateur de temps ne dépasse pas celui du parpaing non enduit, témoignant du savoir-faire des briquetiers mahorais. Au plus fort de la production, plus de 1 000 logements sont livrés par an, par 400 artisans villageois et leurs employés, soit 2 500 emplois permanents.

Après quelques années, les unités de production de brique parfaitement opérationnelles fournissent des centaines de milliers de blocs chaque mois. Elles sont alors progressivement rétrocédées aux producteurs, les exploitant conformément au projet initial. La SIM a néanmoins gardé l'une d'entre elles comme briqueterie modèle où se développaient les recherches et mises au point d'éléments de maçonnerie particuliers, où se menaient des actions de formation souvent appuyées par les missions d'assistance récurrentes confiées au CRAterre. Enfin de manière plus pragmatique, cette unité garantissait une capacité de production de l'ordre de 40 000 BTC par mois.

1. Il faudrait ajouter cette « constellation » l'importance d'un encadrement tout en intelligence des gestionnaires de la LBU au ministère du Logement avec Patrice Arres-Lapoque et Françoise Gadbin.

2. La BTC n'est pas la seule filière mise en valeur. Le cocotier, la pierre basaltique et le raphia ont été largement utilisés dans la construction mahoraise.

Pour compléter ce dispositif, une solide équipe de suivi qualité équipée d'un laboratoire complet effectuait un contrôle hebdomadaire dans toutes les briqueteries jusqu'à la mise en œuvre des BTC sur les chantiers.

La politique de « privatisation » des briqueteries est l'occasion de citer deux initiatives d'échelle semi-industrielle :

• Un atelier, « Mayotte brique » dirigé par un compagnon maçon, ex-encadrant-formateur de la MUSADA, s'est équipé de machines semi-automatiques devenant une référence « nouvelle génération » capable d'innovations sur les lignes de production et d'élaborations de mise en œuvre, notamment les blocs d'angles parasismiques. C'est ce même compagnon qui a participé plus tard à la production de BTC à Majunga (Madagascar).

• Une seconde entreprise, Mayotte Sol a conçu sa propre ligne de production intégrant trémies, malaxeur, convoyeurs et une puissante presse hydraulique. Un process somme toute industriel capable de produire plus de 1 600 blocs par jour à un remarquable niveau de résistance et de qualité (Fig. 4).

Figure 4. Presse hydraulique de l'entreprise Mayotte Sol.
© Art.Terre Mayotte.

Vers la fin des années 90, une nouvelle étape, la normalisation de la filière BTC a été comprise comme une nécessité face aux exigences réglementaires imposées progressivement par les projets publics et face aux réticences que pouvaient suggérer la terre dans une île aspirant plus que jamais à une modernité tout occidentale.

La SIM a alors entamé, un programme de mise aux normes de la BTC qui a dû, tout d'abord, être approuvé en 1999 par le CSTB venu constater « un état de l'art » mahorais. La mise au point du document établi avec le CRAterre a abouti 2 ans plus tard à la première norme expérimentale sur la production de la brique, la NF XP P13-901.

Le projet prévoyait la poursuite par une norme de mise en œuvre, malheureusement d'autres enjeux se sont imposés.

4. L'ATTAQUE EN RÈGLE CONTRE LA DÉMARCHE

Vue de l'administration centrale, l'échelle de la production du logement promue par la SIM était devenue telle, que l'ignorance initiale, probablement un euphémisme et finalement facteur de liberté, ne pouvait pas durer bien plus longtemps. À la réflexion, peut-être faudrait-il afficher l'adage « pour vivre heureux, vivons cachés » comme préalable à une démarche publique en intelligence avec son milieu.

Le prétexte des difficultés de gouvernance apparues au sein même de la SIM, un directeur « de réseau » ayant été muté sur place en 2002, les inspections (missions interministérielles-IGF) se sont succédé, pour la plupart, ce sera notre commentaire, incapable de comprendre les enjeux pris en compte à Mayotte. Il est vrai que la société d'économie mixte d'État SIM n'entrait pas dans le moule des opérateurs sociaux de l'hexagone exclusivement consacrés à la gestion d'un patrimoine locatif social et leurs occupants allocataires.

En dépit de graves difficultés et survivant par miracle à une liquidation envisagée par certains, la SIM a réussi à solder jusqu'en 2010, les programmes en cours, mais sans plus pouvoir engager de nouvelles opérations, pénalisant de fait tout le réseau artisanal dont celui de la filière brique. Cette dernière a vu sa production réduite jusqu'à la limite d'une extinction, permettant toutefois la survie d'une ou deux unités et la mise en sommeil d'autres. On pourra apprécier à cet égard les capacités de résilience des artisans mahorais et se féliciter du choix des outils de production qui sont parfois encore en état de marche en 2024. Notons que certaines machines ont trouvé un emploi dans de nouveaux marchés : Majunga-Madagascar / Mohéli-Union des Comores.

5. NOUVEAU CHANGEMENT D'ÉCHELLE

Au même moment, la période développe à peu près partout une culture environnementale qui est adoptée et portée par une nouvelle génération d'opérateurs ou de concepteurs. À

Mayotte, au milieu des années 2010, l'évolution des postures devient sensible, les filières locales retrouvent un écho favorable et c'est l'occasion, avec l'appui d'un ensemble d'architectes, de bureaux d'études, de maîtres d'ouvrage, de briquetiers ou d'entrepreneurs… de créer l'association Art.Terre Mayotte. L'objectif est d'émanciper la brique du label « SIM » pour en faire un matériau compris comme mahorais et, en attendant une relance inévitable des programmes de logements, de lui donner accès aux programmes de bâtiments publics qui font l'objet de financements importants à Mayotte[3].

Pour cela une condition clé reste celle d'une complète normalisation de la filière, c'est donc la priorité de l'association Art.Terre Mayotte qui assure également la promotion de cette technique innovante (de 40 ans) par la communication, les formations, les publications.

Le projet de normalisation est relancé en 2009 en commençant par vérifier avec la Direction de l'Équipement (DEALM) la pertinence de la filière au regard des débouchés potentiels. Un long travail est entrepris avec le partenaire de toujours, CRAterre et aboutit à une Appréciation Technique d'Expérimentation de type A délivrée par le CSTB en 2018 pour 3 ans. Soutenue par le Rectorat et la SIM qui en font usage dès sa notification, celle-ci permet la réalisation de programmes d'extension de lycées ou de collèges, diverses opérations de logements collectifs et d'équipements publics. L'ATEx a ainsi repositionné progressivement la brique comme un matériau de référence dans les documents des maîtres d'ouvrages institutionnels et les concours d'architectes.

L'étape réglementaire suivante fixe un double objectif. L'un, exclusivement mahorais, est celui de la réglementation professionnelle, forme retenue comme la plus pertinente pour encadrer la pose. L'autre, la révision de la norme XP P 13-901 qui a été engagée par le Centre Technique des Matériaux naturels de Construction en mobilisant le réseau de producteurs de France et la participation d'Art.Terre Mayotte prouvant là que le savoir-faire mahorais contribue à sa façon au savoir-faire national.

Les deux projets ont été menés, pour le premier en concertation avec des groupes de professionnels mahorais de toutes natures, mobilisés dans la mise en œuvre de la BTC sur le territoire. Le second par une succession d'ateliers organisés en métropole. En juillet 2022, les auditions menées par l'Agence Qualité Construction (AQC) valident le document de règle professionnelle, elle succède à quelques semaines près à la norme AFNOR XP P13-901 concluant les travaux de révision de la norme concernant la production de la BTC.

« Les fondations réglementaires de la filière sont officielles ».

3. Actuellement le Rectorat de Mayotte est de loin le premier constructeur d'équipements scolaires de France.

6. ET MAINTENANT ?

Il faut maintenant recentrer les énergies sur l'objectif de relance de la filière productive. Celle-ci bute sur deux questions récurrentes en 2021 : saurons-nous produire ? Qui posera ? On peut ajouter l'inévitable : à quel prix ?

Quant aux capacités de production, un recensement des briqueteries et des presses fonctionnelles a été fait. Tout en reconnaissant la fragilité relative des installations, le potentiel, au rythme connu de 400 briques journalières par presse manuelle, se multiplie jusqu'aux alentours du demi-million de blocs annuels, probablement plus si nous savions mobiliser la totalité des machines répertoriées. Par ailleurs deux entreprises appartenant à de grands groupes du BTP s'intéressent à la BTC, au marché qui se profile et si notre ambition est celle d'une promotion des entreprises locales, voir la brique de terre produite en parallèle du parpaing, la star de la construction en dur, prend la forme d'une réplique identitaire aux technologies importées. Les prévisions qui avaient été établies par Art.Terre Mayotte avec les principaux maîtres d'ouvrages dessinaient une commande sur cinq années atteignant 1,5 million de briques posées par an, avec un peu de décalage la progression constatée est aujourd'hui à mi-chemin.

En 2024, la question de la production de briques est considérée par les maîtres d'ouvrage comme résolue, alors vient maintenant celle de la pose.

Les marchés les plus importants, notamment publics, sont le plus souvent attribués à des entreprises dotées d'importants moyens humains et matériels, les PME et TPE locales ayant un possible rôle de sous-traitants. Pour les majors, la pose des briques est a priori réputée longue, mobilisant beaucoup de main-d'œuvre, retardant les chantiers, en résumé pénalisante. Par ailleurs, la longue rupture des programmes SIM a déstabilisé le réseau des petites entreprises que nous avons décrit et la nouvelle génération qui émerge à un besoin de reconstituer ses compétences, en particulier pour la brique.

La conséquence de cette situation est une approche erratique des coûts proposés par les consultations qui font « le grand écart » entre 280 et 350 € /m². Depuis deux ans les progrès sont néanmoins sensibles avec une référence située à 250 €. Les autres filières de gros œuvre dont on vérifiera aisément qu'elles sont moins bien notées sur le plan environnemental sont évaluées en comparaison à 180 € / m² pour le parpaing enduit et 225 € /m² pour le voile de béton banché. Mais pour obtenir les mêmes qualités d'isolation et de confort que celle de la brique (épaisseur 22 cm), il faudrait y ajouter le coût d'un isolant et d'une cloison intérieure.

En prenant en compte l'ensemble des paramètres constitutifs du prix de la brique, les estimations « sur papier » aboutissent désormais à une fourchette située de 150 € à 200 € /m² (selon

les épaisseurs). Un objectif à atteindre grâce à une compétitivité économique qui pourra se confirmer si la commande atteint un niveau suffisant en quantité et régularité pour rationaliser la filière.

7. LA PROCHAINE MARCHE

Une nouvelle dynamique de la production a pris forme récemment avec la création d'une coopérative de sept briquetiers. Parmi eux, une première unité, ACBTP, a revu totalement en 2023 sa ligne de fabrication en l'automatisant en grande partie (Fig. 5). Elle est maintenant capable de produire plus de 1 500 blocs par jour et participe entre autres au très grand chantier du lycée des métiers du bâtiment de Longoni, devenant pour ce matériau une référence locale reconnue dans le réseau professionnel du bâtiment (Fig. 6). Une seconde, DIPAK, a participé à des chantiers significatifs (halle de sport) en fournissant une entreprise major qui a entamé de son côté une démarche de formation et de recrutement pour se doter en vue de futurs appels d'offres, de compétences en maçonnerie BTC.

L'intérêt s'élargit aussi aux majors comme le groupe COLAS dont la filiale ETPC jusqu'ici réservée à la fabrication aux parpaings poursuit, en phase avec sa politique de développement responsable, des essais de production de briques et d'adaptation de sa ligne de production industrielle dans le cadre d'un premier appel à projets expérimental conduit par le nouvel opérateur AL'MA implanté par Action Logement.

Il faut compléter la description de l'outil actuel avec l'unité artisanale de Vahibe, briqueterie « historique » qui a encore toute sa place pour avoir assuré de père en fils une permanence de la production. Il démontre comment une installation artisanale utilisant des machines manuelles sait trouver son marché en 2024 même si, une fois encore, une forme d'industrialisation paraît inévitable. Ce sera un des rôles d'Art.Terre Mayotte que d'accompagner cette évolution.

La production de bâtiments publics (Fig. 7) ou les opérations de logements réalisées par les opérateurs participent à établir une nouvelle « crédibilité » de la filière qui commence à trou-

Figure 5. Ligne de production semi-automatique (Terstaram) de l'entreprise ACBTP.
© Art.Terre Mayotte.

Figure 6. Blocs de terre comprimée produits par l'entreprise ACBTP en mode semi-automatique.
© Art.Terre Mayotte.

Figure 7. Extension du lycée polyvalent Gustave Eiffel de Kahani (Maîtrise d'ouvrage : Rectorat / architecte : JVO3).
© Art.Terre Mayotte.

ver sa place – et c'est un objectif – parmi les très nombreux chantiers d'habitation familiaux (Fig. 8).

Pour Art.Terre Mayotte, il est question de contrôle qualité, de la mise en place d'autocontrôles, de traçabilité (la ressource des terres, par exemple, fait l'objet de conventions visant l'exploitation de déblais de chantier en évitant des carrières improvisées) de capacité d'innovations, de formation, ce qui demande d'évidents moyens logistiques. L'association, sur l'ensemble de ces thèmes, développe avec des partenaires locaux[4] un projet de pôle de référence mahorais de construction en terre AMATECO (Atelier mahorais des terres à construire). Il associera sur un même site des capacités de formation (Fig. 9), de contrôles qualité au service des briquetiers ou des chantiers avec un laboratoire d'essais, une unité de production sur laquelle s'appuieront des projets de recherches[5]. L'ambition est aussi, alors que la construction en terre fait l'objet d'un intérêt grandissant, de faire valoir le savoir-faire mahorais au-delà de l'île et de l'enrichir par des échanges d'expériences avec d'autres opérateurs implantés dans l'Océan indien, ou en Europe. Signalons que ces échanges ont déjà eu leurs places entre 1990 et 2000 notamment avec des missions dans des pays comme le Sénégal, Madagascar, le Kenya, le Burkina Faso ou encore la Nouvelle-Calédonie.

4. Art Terre Mayotte et ses partenaires : CRAterre, EPFAM, Cycle Terre, OIDF, CAPEB Mayotte, Kaja Kaona sont lauréats de l'appel à projets « Alternatives vertes 2 » financé par la Caisse des dépôts.

5. L'association participe à un regroupement avec 7 autres territoires d'outre-mer dans le cadre du projet OMBREE (programme inter Outre-Mer pour des Bâtiments Résilients et Économes en Énergie) conduit par l'AQC qui vise notamment à la production de nouvelles certifications locales. Enfin, Art Terre Mayotte a désormais de nombreux partenaires avec qui partager ses expérimentations en France : Cycle Terre (93), Brique Technic Cocept (83), Batilin (59), Briqueterie De Wulf (60) et en Europe : BC Materials (Belgique), Terrabloc (Suisse).

Figure 8. Habitation privée utilisant de la BTC.
© Art.Terre Mayotte.

Figure 9. Formation à la compréhension de la matière première terre (Malette pédagogique Elementerre).
© Art.Terre Mayotte.

CONCLUSION

Normalisation, industrialisation ou semi industrialisation, pôle BTC, coopérative de briquetiers, projet de brevets professionnels… À imaginer Jacques Maurice, Pierre-Yves Perrot et Patrice Doat autour de la presse Cinva-Ram en 1978, c'est bien une nouvelle échelle ou plutôt une nouvelle génération de moyens et de projets qui s'adresse à Mayotte. La mobilisation élargie des maîtres d'ouvrage, des architectes qui privilégient désormais les matériaux et systèmes constructifs bas-carbones, les matériaux biosourcés (on pourrait évoquer la nouvelle filière bambou mahoraise) et géosourcés, est une chance pour mettre en avant une intelligence du construit au service des grands projets, des opérations de logements. D'une certaine façon nous pourrions conclure que le pari de la relance de la filière BTC est en voie d'être gagné. Si ce n'est que pour faire identité architecturale il reste à convaincre les constructeurs les plus humbles, les habitants de Mayotte.

BIBLIOGRAPHIE

Fathy, H. (1970). *Construire avec le peuple*, édition Jérôme Martineau, Paris.

Breslar, J. (1977). *L'Habitat Mahorais : Une perspective ethnologique.* Éd. A.A.G., Paris

Besombes, M. et Perrot, P-Y. (1982). L'*Habitat Mahorais : Bilan des premières réalisations*, CRAterre et Éd. A.A.G., Paris

Cheyssial, A. et Chatain, B. (1978). *Les modes constructifs de l'habitat.*

Maistre, J. et Brimaud, P. (1982). *HODI, Mayotte, une expérience d'habitat* (film de), Lieurac Productions.

Société immobilière de Mayotte. (1995). *Quinze ans d'architecture à Mayotte, le pari du développement local,* catalogue d'exposition.

NOTICES BIOGRAPHIQUES DES AUTEURS

Vincent LIÉTAR, architecte DPLG depuis 1981, actuellement architecte du port de Longoni. Formation DEA CRAterre. Architecte-DGA chargé de la production de la SIM (1982-2010). Co-fondateur et Secrétaire générale de l'association Art Terre Mayotte (2007-2024).

Dominique TESSIER, architecte DPLG depuis 1978, Directeur du CAUE Mayotte depuis 2024. Lauréat du PAN PLTCP, 1er prix de l'ANACT en 1988. Architecte libéral et en sociétés (1988-2023). Prix de l'AJC, 1er bâtiment tertiaire en BMR (DDAF de l'Aube, 2005). Architecte conseil de l'État (2005-2020). Co-fondateur et Vice-Président de l'association Art Terre Mayotte.

CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIA CON BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC).

Aleyda RESÉNDIZ-VÁZQUEZ, Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. (aleyda.resendiz@gmail.com)

RESUMEN

Se presenta la investigación-acción realizada en dos proyectos de reconstrucción y construcción social del hábitat en México. El primero, "Casas bellas, seguras y sustentables", corresponde a un proyecto de vivienda para familias de bajos recursos económicos. El segundo, "Centro Comunitario Cuexcomate", surge en la reconstrucción posterior a los sismos de 2017, en México.

Estos proyectos vinculan la investigación sobre vulnerabilidad y resiliencia con la construcción del hábitat. La metodología con la que se realizó la investigación-acción que acompañó el proceso de estos proyectos se basa en los principios de: i) co-creación; ii) diseño participativo; y iii) producción social del hábitat.

En la construcción el material de base fue el bloque de tierra comprimida (BTC), de la familia de los materiales de tierra, representativos de las tradiciones constructivas locales, y por lo tanto un instrumento de preservación del patrimonio comunitario y cultural.

A partir de un análisis de valores sociales, culturales, económicos y ambientales se puede visualizar el potencial de materiales locales a través del BTC para lograr un cambio de escala. Los resultados de la investigación-acción expresan cómo la construcción con BTC es un ejemplo de buenas prácticas de la participación comunitaria, elemento fundamental en la construcción social de resiliencia.

INTRODUCCIÓN

Diferentes problemas sociales están relacionados con el ámbito urbano-arquitectónico. Son problemas que presentan gran parte de las comunidades en nuestro país en situación de vulnerabilidad física, social, económica y medioambiental y que demandan soluciones para un mejoramiento del hábitat. La utilización de materiales locales en la construcción fue parte fundamental en dos proyectos de reconstrucción y construcción social del patrimonio comunitario. Los proyectos co-producidos se han convertido en modelos viables y escalables de construcción social de resiliencia.

Por un lado, se encuentra el patrimonio familiar de familias de bajos recursos económicos en condiciones de vulnerabilidad. Por otro, la necesidad de reconstrucción posterior a los sismos de septiembre de 2017 ocurridos en México que generó la oportunidad de realizar proyectos para la construcción social de resiliencia. Los proyectos conjugan la investigación, con diferentes estudios y propuestas que agruparon a diferentes actores académicos y sociales con actores comunitarios. Uno de los materiales locales privilegiados, para la construcción, fue el bloque de tierra comprimida (BTC).

El primer proyecto "Casas bellas, seguras y sustentables" (Reséndiz, et. al. 2019) se realizó en el estado de Tabasco, al sureste de la República Mexicana (Fig. 1). Inició en 2016, mediante un proceso de producción social de vivienda. En

este territorio, con riesgo de inundación, se encuentran familias de bajos recursos económicos, para quienes se realizó este proyecto.

El segundo proyecto, llamado "Centro comunitario Cuexcomate", se realizó en el estado de Morelos, en el centro de México (Reséndiz y Colella 2023). Este proyecto está relacionado con el riesgo sísmico, específicamente con los sismos de septiembre de 2017. Principalmente en los estados centrales de la República Mexicana, vivienda y equipamiento en general fueron gravemente dañados. En esta comunidad, en el momento de la emergencia, se realizó un importante trabajo con la comunidad para poder entender sus necesidades de reconstrucción.

Los dos proyectos corresponden a un proceso de co-producción en donde diferentes actores académicos y sociales en conjunto con la comunidad, se comprometieron con la construcción de un mundo, más justo, en donde parte fundamental es un hábitat adecuado. Estos modelos pueden ser escalables debido a sus características sociales, económicas y medioambientales.

1. CONSTRUCCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN DE RESILIENCIA

La reconstrucción es una de las fases relacionadas con los ciclos (no forzosamente circulares) del proceso de construcción social del desastre. De manera esquemática, la comprensión del ciclo de del riesgo de desastre incluye un antes, durante y después del desastre. En la etapa posterior se puede identificar la fase de emergencia (inmediatamente después) y la reconstrucción, "[la cual] de todas las etapas del desastre, (…) es probablemente la más larga, la más cara y la más compleja" (Smith 1994). En esta fase de recuperación es en donde se pretende que las condiciones anteriores al desastre sean

En la fase de reconstrucción se pueden considerar al menos dos escenarios. Uno, en donde el regreso a la normalidad signifique un regreso a las condiciones existentes antes del desastre y entonces a las mismas condiciones de riesgo. Dos, en donde la fase de reconstrucción se considere como una oportunidad para mejorar las condiciones precedentes al desastre, desarrollando oportunidades (Cuny, 1983; Pantelic, 1991; Smith, 1994; Lavell 1999; Reséndiz, 2019). La fase de reconstrucción puede reducir las vulnerabilidades preexistentes y posteriores al desastre y así mejorar la calidad de vida, los medios de subsistencia, así como la condiciones territoriales -de infraestructura y equipamiento-, en un proceso que podemos llamar construcción social de resiliencia del hábitat.

Meerow, Newell y Stults (2016), definen a la resiliencia urbana como "la capacidad de un sistema urbano -y todas sus redes socio-ecológicas y socio-técnicas, constituidas de escalas temporales y espaciales- de mantener o regresar rápidamente a las funciones deseadas frente a una perturbación, para adaptarse al cambio".

En un proceso de resiliencia es importante considerar a los sistemas que conforman el hábitat como dinámicos, multifactoriales, adaptables y cuya capacidad de absorber los disturbios no necesariamente significa volver a la situación anterior (Meerow, Newell y Stults, 2016) sino de la consideración de las capacidades existentes, que se pueden mejorar y construir. La referencia al hábitat se hace desde su integralidad, es decir, no se considera únicamente su condición física, sino también social, ambiental, económica, cultural y política. Se hace desde los ámbitos urbano y arquitectónico, en donde la vivienda es un elemento fundamental para el desarrollo humano y social. En la dimensión física de la vivienda se encuentran los materiales constructivos que están a su vez relacionados con las otras dimensiones (social, cultural, económica, psicológica, arquitectónica) que los incluyen y determinan (Fig. 2).

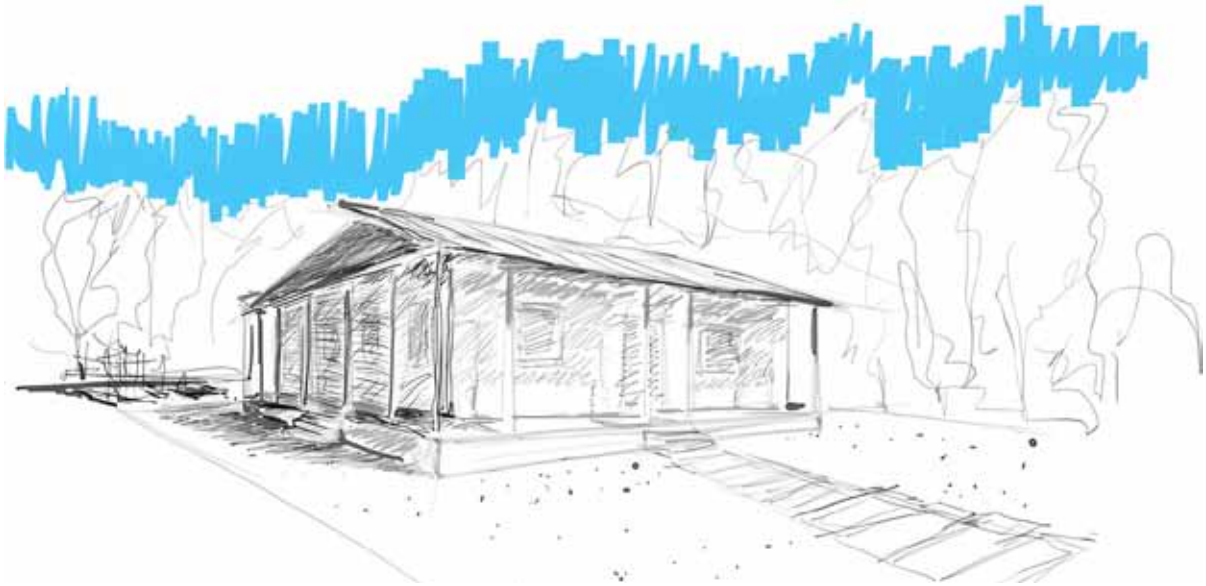


Figura 1. Prototipo de vivienda de "Casas bellas, seguras y sustentables".
© Arq. Riccardo Caffarella. 2016.

Figura 2. Contexto físico y social del proyecto “Casas bellas, segura y confortables”.
© Archivo del proyecto, 2016.

Figura 3. Tapanco y vida cotidiana de « Casas bellas seguras y confortables ».
© Arq. Riccardo Caffarella. 2016 y 2017.

Enrique Ortíz (2007) menciona que la identidad es un factor de la habitabilidad. Por lo tanto, en la construcción social del hábitat es necesaria la investigación sobre la habitabilidad de los espacios; de las tradiciones y costumbres, y de las relaciones entre las personas y los espacios que habitan; del entendimiento de la relación que existe con el medio natural y construido. En la comprensión de la habitabilidad y sus componentes: "Tres elementos existen y son determinantes para la construcción de un código social que condiciona la habitabilidad doméstica al espacio y articula la vida cotidiana; es decir: hombre, cultura y espacio" (García-Casillas 2020). Por lo tanto, el hábitat y sus componentes, en diferentes dimensiones, están vinculados al saber y percepción de cómo viven los seres humanos, a partir de percepciones construidas social, económica, cultural y ambientalmente (Fig. 3).

En cualquier proyecto urbano arquitectónico coexisten diferentes actores sociales, económicos, ambientales y culturales que dan forma a los elementos que cristalizarán el espacio y le otorgan, en las diferentes fases del proyecto y la construcción un valor y significado. Por lo tanto, en los procesos de co-producción, es importante, la comprensión de las relaciones del hombre, su cultura y su espacio, para la construcción de un hábitat resiliente. La escala considerada para la investigación y para la realización de los proyectos va desde la individual hasta la social en los niveles urbano-contextuales y arquitectónicos.

2. BLOQUES DE TIERRA COMPACTADA (BTC)

A lo largo del territorio mexicano, principalmente en los territorios de bajos recursos, se pueden observar largos paisajes de construcción con materiales "contemporáneos" como el concreto armado, los ladrillos recocidos o diversos sistemas industrializados, lo que representa una repetición estandarizada de saber hacer que va desde el conocimiento empírico hasta la especialización de la mano obra. Esta tipología predominante compite avasalladoramente con tipologías tradicionales de construcción.

Localmente, debido a diversas necesidades (de vivienda y de equipamiento en general) se han desarrollado ingeniosos sistemas constructivos principalmente con la utilización de materiales locales, como la tierra. "Por su abundancia en la naturaleza, la tierra es otro de los materiales de construcción más utilizados en diversas culturas del mundo" (Aguiluz, et. al. 2018, p. 59).

Para los proyectos estudiados y construidos: las viviendas en los municipios de Comalcalco y Cunduacán, Tabasco, y el centro comunitario de Xoxocotla, en Morelos, después de un proceso de investigación y de comprensión de los materiales se decidió utilizar como principal material constructivo, bloques de tierra compactada (BTC) (Fig. 4). Dentro del proceso de investigación-acción, la fase de búsqueda de materiales tuvo como marco de referencia a la sustentabilidad. Concepto considerado ampliamente como el aseguramiento de condiciones presentes y futuras, en simbiosis con el medio natural y construido, en los ámbitos económico, social y ambiental. Es decir, la elección de materiales correspondía a imperativos de bajo costo, de amigabilidad con el medio ambiente y con posibilidades de integración social y cultural.

El BTC, pertenece a la familia de los materiales a base de tierra, como los adobes representativos de las tradiciones constructivas de la comunidad, y por lo tanto un mecanismo de conservación de la arquitectura local y de la cultura de la comunidad. Sus características físicas desde una perspectiva socio-ambiental simbolizan una relación respetuosa del ser humano con su entorno. La arquitectura de tierra se armoniza con el paisaje y con los demás elementos físicos y sociales del lugar.

Los valores sociales, económicos y ambientales de los materiales de tierra no siempre suelen ser reconocidos. Diferentes actores y sectores desconocen estos valores; por ejemplo, los fabricantes de materiales industrializados en pro de sus utilidades tienen un rechazo a los materiales "no convencionales"; también, la población muchas veces relaciona a los materiales tradicionales con pobreza y por lo tanto no los acepta en sus construcciones.

En la búsqueda de materiales sustentables, en el proceso de investigación se pudieron observar algunas ventajas térmicas, ecológicas, de resistencia mecánica y constructivas que el BTC porta en relación con sistemas constructivos industrializados así como con otras técnicas de tierra como el adobe, el tapial o el bahareque.

> *La tierra empleada como material constructivo resulta plenamente sustentable ya que, tal como se sabe, utiliza el material que más abunda en el planeta, no consume energéticos para su elaboración ni genera emisiones contaminantes o residuos. Es de fácil construcción y reparación, además de que propicia un eficiente confort térmico al regular la humedad y la temperatura de los espacios (Guerrero-Baca, 2014).*

Térmicamente el BTC permite un mejor equilibrio de temperatura en las edificaciones debido a su masa térmica. Según Pastormerlo y Souza (2013) citado por Roux-Gutiérrez y Velázquez-Lozano (2016), la masa térmica del BTC es de 1740 kJ/m3, contra 1360 kJ/m3 del ladrillo y 550 kJ/m3 del Block de concreto. La conductividad media del BTC es más cercana a la de un adobe tradicional o al tapial: siendo la del adobe de 1200 kg/m3 y la del tapial oscila entre los 1400-2000 kg/m3 (Catalán, 2018).

En cuanto a la huella ecológica, el BTC resulta bastante competitivo debido a que su producción no requiere ningún tipo de energía combustible. Cuando es estabilizado con hidróxido de calcio sus emisiones de CO2/m2 son de 42.18, cuando el del ladrillo recocido es de 80.41 (Roux-Gutiérrez y Velázquez-

Lozano (2016). Es un material que al final de su ciclo de vida puede ser reciclado o reintegrado a la naturaleza.

La resistencia a la compresión de un bloque estabilizado de BTC es superior a las de otras técnicas tradicionales, considerando que la resistencia a la compresión del adobe va de 0.53 a1.72 N/mm2, la del tapial de 3 a 4 N/mm2 y la del BTC estabilizado puede alcanzar una resistencia de 10,8 N/mm2 (Catalán, 2018).

Constructivamente, siento el BTC una técnica cuya mecanización puede ser regulada por una máquina manual, la producción en serie se puede estandarizar lo que le permite mayor productividad en relación con otras técnicas tradicionales, logrando un mayor control de calidad. En la colocación, el molde machihembrado de BTC facilita la puesta en obra y la calidad de la ejecución, mejorando además la resistencia mecánica de la mampostería. La tipología de estos bloques disminuye considerablemente el tamaño de la junta y la cantidad de material utilizado permitiendo un ahorro de dinero en la ejecución. Las piezas pueden ser montadas por mano de obra no calificada debido a la sencillez del aparejo de un muro estándar.

Los proyectos realizados en el estado de Tabasco y de Morelos se realizaron con BTC[1], utilizado como muros divisorios combinados con estructuras portantes de concreto y acero (Fig. 5). El Centro Comunitario de Xoxocotla, se compone de dos edificios, uno con estructura de acero, y el otro, más pequeño con estructura de concreto armado. Estas estructuras soportan las techumbres de lámina acanalada. La estructura tradicional, de concreto y acero se combinó con materiales locales como la tierra y el carrizo utilizando estrategias de diseño bioclimático en búsqueda de confort térmico y de una integración con el medioambiente. Considerando los climas extremos de ambos proyectos se tuvo especial cuidado en las orientaciones, limitando la exposición solar. También se utilizaron pórticos para disminuir la radiación directa sobre las paredes de mampostería, mejorando así la temperatura al interior de la vivienda. El diseño de las techumbres permite superficies abiertas de ventanas para lograr una ventilación cruzada en todos los espacios. Un sistema de plafones de carrizo permite evitar la irradiación solar de la techumbre. En el Centro Comunitario, las puertas y las ventanas de carrizo entretejido favorecen la ventilación cruzada y una óptima iluminación del interior. Así, la mayor parte de los materiales utilizados son reciclables: mampostería de piedra, acero, BTC y plantas como el carrizo, limitando el uso de concreto armado. Es decir, se realizaron todos los esfuerzos posibles, dadas las condiciones locales, para la utilización de materiales del lugar.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología con la que se realizó la investigación-acción que acompañó el proceso de construcción social de resiliencia del hábitat se articula en tres principios teórico-metodológicos: i) co-creación; ii) diseño participativo; producción social del hábitat.

La investigación-acción implica un proceso científico realizado paralelamente a un proceso práctico. Ambos procesos tienen como objetivo la comprensión o solución de un problema social, en este caso la construcción y reconstrucción de resiliencia en el hábitat de bajos recursos sociales, económicos y ambientales.

i) La co-creación se refiere a la posibilidad de acompañar los procesos comunitarios de construcción de su hábitat con

1. Se utilizaron bloques de tierra compactada (BTC) de tipo "Mattone", desarrollados por Roberto Mattone, profesor del politécnico de Turín (L'Azzociazione « MATTONE SU MATTONE » 2024)

Figura 4. Centro Comunitario Cuexcomate, municipio de Xoxocotla, Morelos, México.
© Jaime Navarro, 2021.

Figura 5. Edifico 2. Centro Comunitario Cuexcomate.
© Jaime Navarro, 2021.

investigación. Se establece así un vínculo entre la comunidad académica, las instituciones y la sociedad civil en la co-identificación de problemas, la co-producción de conocimiento y su co-solución. (Fig. 6). Es un proceso que acompaña la investigación-acción participativa, en donde el análisis del proceso y la construcción esencialmente con bloques de la tierra permitió determinar el potencial de la arquitectura de tierra y de los métodos participativos de construcción.

Figura 6. Proceso de co-creación en el Centro Comunitario Cuexcomate, municipio de Xoxocotla, Morelos, México. 2017.

ii) Con las herramientas que ofrece el diseño participativo, diferentes grupos organizados de las comunidades colaboraron en el diagnóstico de sus problemas y necesidades en relación con un proyecto en específico y en el análisis de la percepción de los materiales utilizados. Este proceso se realizó principalmente por medio de talleres participativos que fueron registrados sistemáticamente para su posterior análisis y discusión (Fig. 7).

Figura 7. Diseño participativo en el Proyecto "Casas bellas, seguras y confortables", 2016.

iii) La producción social del hábitat se caracteriza por una coparticipación de diferentes actores en las diferentes fases del proyecto y de la realización de espacios en un contexto determinado; por lo tanto, diferentes actores comunitarios participaron en diferentes momentos de toma de decisiones, en el diseño de los espacios físicos y sociales, así como en la gestión; y principalmente en la construcción, en donde el BTC fue un elemento fundamental en la cristalización de las posibilidades colaborativas (Fig. 8).

Figura 8. Taller participativo de capacitación de BTC en el municipio de Xoxocotla, Morelos, 2018.

El conjunto de metodologías que sirvieron de base en estos procesos coincide en una participación activa y dinámica, de diferentes actores, cuyo propósito es la colaboración genuina para el mejoramiento del hábitat y de las condiciones de vida de las comunidades.

Para tener en cuenta los aspectos sociales, medioambientales y económicos del proceso en las diferentes etapas, específicamente en la co-creación de objetivos y en la construcción participativa de los proyectos, se realizaron mapas cognitivos que nos permitieron reconocer las dimensiones socio-espacial y territorial. A lo largo de los procesos de investigación-acción, en ambos proyectos, se realizó observación participante, en donde un grupo de investigadores, académicos y alumnos de diferentes universidades registraron cada una de las actividades realizadas. En la etapa de acción se realizaron talleres participativos, sobre los proyectos; jerarquizando prioridades que nos permitieron, entre otros aspectos, seleccionar materiales. En esta etapa fue importante el conocimiento y la percepción de materiales locales como el BTC.

4. RESULTADOS

Desde un enfoque holístico se puede visualizar cómo la utilización de un material de tierra como el BTC permite un cambio de escala; a partir de un análisis de valores sociales, culturales, económicos y ambientales, se puede maximizar el impacto social y ambiental que permite la arquitectura de tierra.

La utilización de materiales locales es viable económicamente. La construcción con BTC permite sinergias entre diferentes actores que resultan en economía de construcción. La economía se basa principalmente en la localidad de los materiales, lo que correspondió a una búsqueda de posibilidades en cada sitio de construcción, no sólo de materiales orgánicos ya que en algunas ocasiones es imposible competir con materiales industrializados. Por otro lado, como lo señala Aguiluz et al. (2018) "El acabado final de los muros de BTC no requiere de ningún recubrimiento como yeso, pastas, pinturas, sólo se aplica una capa impermeabilizante transparente para resistir la humedad", lo que representa ahorros considerables. Además, la reducción de costos se obtuvo por medio de la rapidez que se logró con la capacitación de trabajadores locales en este sistema constructivo.

El BTC a través de programas de capacitación de actores locales permite, por un lado, el reconocimiento y valoración de los materiales de tierra; por otro, la posibilidad de replicar los conocimientos adquiridos en la construcción de sus propias viviendas o utilizarlos como medio de empleo. En el caso de la participación de mujeres, las capacitaciones permiten procesos de empoderamiento y de perspectivas del mejoramiento de sus condiciones de vida (Fig. 9).

En el aspecto ambiental, las características del bloque permiten condiciones térmicas favorables en climas extremos. Los proyectos conjugan diferentes estrategias de sustentabilidad para así mejorar la calidad de los espacios y por lo tanto de la calidad de vida. Los municipios de Comalcalo y Cunduacán, en el estado de Tabasco, en donde se realizó el proyecto de viviendas, cuentan con un clima extremoso cálido-húmedo, por lo que la búsqueda del mejoramiento térmico fue una condición fundamental. Diversas estrategias climáticas fueron utilizadas como la ventilación cruzada y la protección por medio de un sistema de paraguas aunadas a las propiedades de los muros de tierra, dieron como resultado condiciones térmicas favorables (Fig. 10). El Centro Comunitario al ser un espacio público y social se convierte en una muestra tangible de las cualidades y posibilidades que ofrecen los materiales locales y de esta manera se contribuye a una revalorización de la arquitectura tradicional.

Social y culturalmente, la tierra representa por un lado un material controversial. Por un lado, es un material ancestral y patrimonialmente valorado. Por otro, es un material que tiene una connotación de pobreza. La globalización de los materiales industrializados ha permeado todos los niveles socioeconómicos lo que algunas veces ocasiona desconfianza o desprecio por los materiales locales a pesar de su costo y calidad arquitectónica. En los talleres de capacitación con actores locales de diferentes edades y condiciones sociales se compartió no solamente la tecnología sino también el potencial social, económico y ambiental del material. La producción social del hábitat a la escala del material, por medio de los bloques de tierra fue un éxito social, por un lado, por la formación técnica de trabajadores locales; por otro, por la participación comunitaria interesada en procesos constructivos preexistentes. Con los conocimientos adquiridos y habiendo aprendido algunos secretos de esta tecnología, los trabajadores capacitados ofrecen a su vez capacitación para otros proyectos; hecho que muestra la posibilidad de un cambio de escala.

Los procesos de investigación acción realizados en los estados de Tabasco y Morelos, en México, corresponden a territorios rurales y semi-urbanos, en donde la normativa es poco observada, haciendo posible la construcción con "métodos

Figura 9. Elaboración de BTC en talleres de capacitación participativos. Comalcalco, Tabasco, 2017.

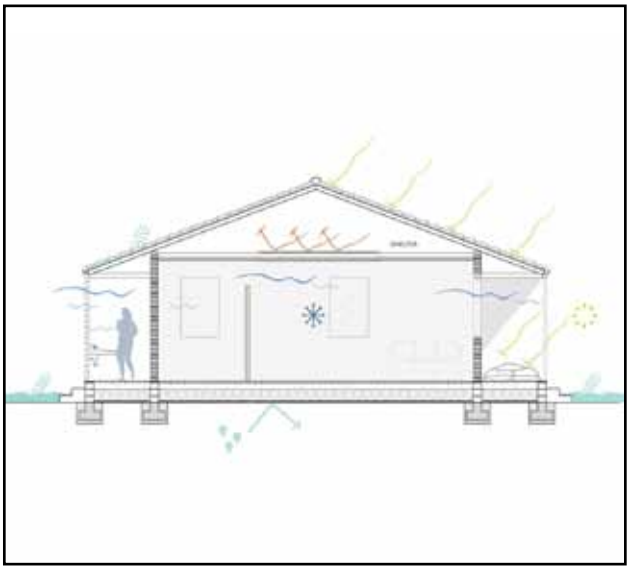


Figura 10. Diseño bioclimático de "Casas bellas seguras y confortables", 2016.
© Archivo del proyecto.

alternativos" como el BTC. Sin embargo, en el camino normativo hacen falta lineamientos que hagan posible la realización segura y reglamentada.

El BTC es una técnica constructiva que por las características expuestas puede escalarse, por ejemplo, mediante la producción social. La producción social de vivienda, históricamente utilizada en territorios latinoamericanos, actualmente está siendo visualizada por los organismos mexicanos encargados del desarrollo territorial. El actual Programa Nacional de Vivienda (Gobierno de México, SEDATU, 2019-2024) señala como una de las estrategias prioritarias "Potenciar la producción social de vivienda con especial enfoque en zonas de rezago urbano". En el ámbito de la investigación el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) convocó a Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia en la búsqueda de una vivienda adecuada y un acceso justo al hábitat, en donde el BTC está siendo, una vez más, puesto a prueba[2].

2. Proyecto CONAHCYT (FORDECYT-PRONACES) (2020-2024): "Producción y gestión social del hábitat adecuado y sustentable para las familias de menores ingresos".

Figura 11. Construcción social de resiliencia. .

CONCLUSIÓN

La utilización de la tierra como material de base, a través de bloques comprimidos, en las viviendas en riesgo de inundación y en el centro comunitario, en riesgo sísmico permite observar cualitativamente cómo la fase de construcción y reconstrucción post-desastres puede convertirse en una etapa de resiliencia.
El cambio de escala de los sistemas experimentas con BTC y en general a base de sistemas constructivos tradicionales implica, por un lado, su reconocimiento en los ámbitos económico, socio-cultural y ambiental. Por otro, metodológicamente conlleva la co-producción sistematizada y la práctica generalizada de la producción social del hábitat.

En el ámbito económico, la ejemplificación de la disminución de costo por la utilización de materiales locales es fundamental. En el caso de la tierra resulta aún más evidente por la inmediata disposición del material en los sitios de construcción. En el ámbito ambiental, el testimonio que representan los edificios construidos con tierra en cuanto a la mejora de las condiciones térmicas en climas extremos resulta atractivo para que los testigos deseen construcciones similares. En el ámbito social, la utilización de BTC como otros materiales locales permite su revalorización al mismo tiempo que contiene condiciones de capacitación replicables en el ámbito individual y colectivo. Metodológicamente la co-producción permitió registrar los obstáculos y las oportunidades que representa la producción social del hábitat en las diferentes fases de los procesos productivos. Entre los principales obstáculos se encuentra la desvalorización de los materiales locales y la pérdida de relaciones sociales para el trabajo colectivo. Mismas variables que pueden ser consideradas como oportunidades a partir de procesos que permitan esta revalorización e integración.

El desafío que contienen futuras investigaciones-acciones es la co-creación de modelos dinámicos que permitan la contextualización de la producción social del hábitat para ser integrada, conceptual y prácticamente, en la política pública nacional, en vías de un mejoramiento del hábitat, seguro y resiliente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de los diferentes actores que participaron tanto en la investigación como en la acción de estos proyectos. Entre otros: Fundación Panamericana para el Desarrollo México (PADF-México); grupo de arquitectos Re:Lab (Federico Colella, Aleyda Reséndiz, Brenda Hernández, Riccardo Caffarella); empresa contratista del Centro Comunitario Cuexcomate: Diseño & Construcción; a la colaboración académica y de capacitación en BTC: Dr. Luis Fernando Guerrero Baca y arquitecta Gloria Mattone.

BIBLIOGRAFÍA

Aguiluz, J, Ramírez, M. y Gutiérrez, R (2018). *Vivienda para autoconstrucción, uso de bloques de tierra comprimida*. Universidad Autónoma del Estado de México.

Catalán, R. (2018). *Construcción con tierra, reinterpretación de una tradición.* [Trabajo de fin de grado, Escuela Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio de la Universidad : https://oa.upm.es/51489/

Cuny, F. (1983). *Disaster and Development*. Oxford University Press, New York.

García-Casillas E.M (2020). "Diálogos: habitabilidad en el espacio doméstico". En García-Casillas E.M., Jiménez-Vaca A, coord. *Arquitectura y vida cotidiana en México*. Ediciones Navarra, México.

Gobierno de México, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), (2019-2024). Programa Nacional de Vivienda. [Internet]. Disponible en : file:///C:/Users/Doctora%20%20Aleyda/Desktop/Programa_Nacional_de_Vivienda_2019-2024.pdf

Guerrero-Baca, L. F. (2014). "Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva". En Guerrero-Baca, L. F. (Compilador). *Reutilización del patrimonio edificado en adobe*. Antologías, Universidad Autónoma Metropolitana.

L'Azzociazione « MATTONE SU MATTONE » (2024) [Internet] [Consultado: 25 de abril de 2024]. Disponible en : http://www.mattonesumattone.eu/Index/associazione.asp

Lavell, A. (1999). *The impact of disaster on development gains: Clarity or controversy*. Génova, [Internet] [Consultado el 25 de abril de 2024] Disponible en : https://www.desenredando.org/public/articulos/1999/iddg/IDDG1999_mar-1-2002.pdf

Meerow, S. Newell y Stults, M. (2016). *Defining urban resilience: A review,* Landscape and urban planning, 147 (2016), p- 38-49.

Pantelic, J. (1991). *The link between reconstruction and development*, Land use policy, octubre.

Ortiz, E. (2007). *Integración de un sistema de instrumentos de apoyo a la producción social de vivienda*. Hic-al, México.

Roux-Gutiérrez, R.S. y Velázquez Lozano, J. (2016). « Bloques de tierra comprimida, su retardo térmico e impacto ambiental ». Revista *Legado de Arquitectura y Diseño,* (19).

Smith, A. O. (1994). "Reconstrucción después del desastre: Una visión general de secuelas y problemas". En Lavell, A. (comp). *Al norte del río grande*. LA RED. Disponible : http://www.desenredando.org/public/libros/1994/anrg/anrg_cap02-RDDD_oct-8-2002.pdf

Reséndiz, A. (2019). "Urban Resilience and Post-Disaster Reconstruction. Evidences from Mexico and France". In Brunetta G, Caldarice O, Tollin N, Rosas-Casals M, Morató J, (eds.). *Urban Resilience for Risk and Adaptation Governance (Theory and Practice)*. Springer Nature, Suiza, p. 267-280.

Reséndiz A, Hernández B, Caffarella R, Toledo A, Attie S, Guerrero F. (2019). "Casas bellas, seguras y confortables. Resiliencia social y ambiental". En Benach N, Alió MA, Aco B, Rojas CJ, (eds.). *La participación ciudadana en los procesos de hacer ciudad*. Colección Geocrítica de Textos Electrónicos, Universitat de Barcelona, España, p. 146-157.

Reséndiz-Vázquez, A., & Colella, F. (2023). "Reconstrucción resiliente y sustentable: Centro Comunitario Cuexcomate". Revista Científica *De Arquitectura Y Urbanismo*, 44(2), 61–70. Recuperado a partir de https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/780.

NOTA BIOGRÁFICA DE LA AUTORA

Aleyda RESÉNDIZ-VÁZQUEZ es Doctora en Arquitectura, Conservatoire National de Arts et Métiers, París, Francia. Profesora-investigadora en el Instituto Politécnico Nacional, México. Líneas de investigación: patrimonio en riesgo, resiliencia y vulnerabilidad, metodologías participativas para la reconstrucción, regeneración y producción social del hábitat.

INTEGRATING NATURAL AND RECYCLED MATERIALS IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION: A PARTICIPATORY APPROACH TO BRIDGING TRADITIONAL AND MODERN PRACTICES IN DHOKSAN, NEPAL.

Prakriti DANGOL, Architect, Graduate student, Department of Education, Kathmandu University, Nepal
(dangolprakriti@gmail.com)
Graduate Student, Post-graduation in Sustainable Architecture, Escola Superior Artistica do Porto (ESAP), Portugal
(prakriti_msd2022@kusoed.edu.np)

SUMMARY

The study examines integrating traditional and modern construction practices through participatory approaches in Dhoksan, Nepal. The case study methodology is used where the research explores how local and international collaboration in sustainable construction impacts the environment, social equity, and economic aspects. The study employs qualitative methods, including interviews and field observation to analyze the effectiveness of participatory construction in bridging traditional knowledge with modern techniques. The findings reveal that this approach enhances community engagement, promotes gender equality, and contributes to sustainable development — however, challenges in material sourcing and long-term economic sustainability highlight areas for future research. The study concludes that participatory construction methods can significantly contribute to holistic sustainability in developing regions.

INTRODUCTION

The construction industry is pivotal in the global economy, driving significant environmental challenges in developed and developing nations. This industry is one of the largest consumers of natural resources, accounting for around 40% of the world's annual energy usage, 25% of water consumption, and 40% of raw material extraction (Omer, 2008), highlighting the urgent need for sustainable construction practices to mitigate the environmental impacts of building activities. This need is particularly urgent in the Global South, where rapid urbanization and economic constraints complicate the adoption of sustainable methods. In Nepal, for instance, traditional eco-friendly and culturally significant building techniques are being replaced by energy-intensive modern methods, highlighting environmental impacts (Rijal & al., 2020). This situation necessitates exploring alternatives that bridge the gap between traditional and modern construction practices, especially in developing nations facing rapid urban transformation.

Traditional building practices in Nepal are deeply rooted in the country's cultural and environmental heritage. These practices are characterized by the use of locally sourced, natural materials, and techniques that have been passed down through generations. For example, traditional Nepali architecture often incorporates the use of mud, stone, and timber — materials that are readily available in the local environment. These mate-

rials are not only environmentally friendly but also contribute to the thermal comfort of buildings, reducing the need for artificial heating and cooling. These practices, representing an integral part of Nepal's intangible cultural heritage, adapt their design to the climate of the region, using local materials and craftsmanship that embody the culture, customs, and lifestyles of the local community (Chandel, Sharma & Marwah, 2016).
Despite these benefits, traditional practices are increasingly being replaced by modern construction methods that prioritize speed and efficiency over sustainability. This shift not only erodes traditional knowledge and skills but also leads to a decline in the use of ecofriendly materials, representing a loss of cultural identity for many communities. Though Traditional building methods, such as using timber ties on all four walls to resist earthquakes, but are being forgotten as new cement-concrete construction methods become more popular (Dixit & al., 2004). The modern construction industry in Nepal often relies on imported materials, such as cement, steel, and glass, which are associated with high embodied energy and significant environmental impacts (Cabeza & al., 2013). This shift has led to the erosion of traditional knowledge and skills, as well as a decline in the use of eco-friendly materials. Moreover, these techniques often result in buildings ill-suited to the local climate, leading to higher energy consumption and reduced resilience to natural disasters.

The integration of traditional and modern practices presents both challenges and opportunities. While traditional building techniques are adapted to local climates and resources, they are risk of being lost in the rush toward modern construction methods. Conversely, while modern construction techniques increase structural performance and efficiency, they frequently make use of energy-intensive materials and processes that contribute significantly to global carbon emissions (Röck & al., 2020). This challenge makes us think of a way to bridge the gap by harnessing the sustainability of traditional methods with the efficiency of modern techniques. (Ghaffarianhoseini & al., 2013) argue, that combining modern and traditional techniques can help lead to a more culturally appropriate and environmentally sustainable building. Fernandes et al., (2015) in their study of Portuguese vernacular architecture, show how integrating traditional knowledge with modern innovation can address the pressing issues in the construction industry, including energy efficiency, cultural preservation, and climate change mitigation in modern sustainable construction.

In response to these challenges, there is a growing interest in sustainable construction practices that combine the best of both traditional and modern approaches. Such practices aim to reduce the environmental impact of construction while also preserving cultural heritage and supporting local economies. This also helps to transfer traditional knowledge from experienced craftsmen to younger generations in schools, ensuring the continuity of valuable skills and practices (Mpofu & Miruka, 2009). However, achieving this integration requires a deep understanding of both traditional and modern practices, as well as the ability to adapt these practices to the specific context of each project.

The construction industry is exploring strategies to integrate traditional and modern methods with participatory approaches emerging as a promising solution. These approaches involve communities, stakeholders, and various actors in the decision-making and construction processes, the participatory methods facilitate a dialogue between traditional and modern practices (Aburamadan & Trillo, 2020). This inclusive approach not only promotes the exchange of knowledge exchange, preserves cultural heritage and aligns with principles of sustainability and social equity (Robson, 2023; Opoku, 2019).

This paper explores the potential of participatory approaches in construction as a means of bridging the gap between traditional and modern practices to achieve sustainability in terms of social equity, environmental impact, and economic viability. By engaging local communities in the construction process, it is possible to harness indigenous knowledge and skills, ensuring that sustainable building practices are both contextually relevant and culturally appropriate. Through an analysis framed by the triple bottom line, this study aims to demonstrate how participatory methods can foster a more holistic construction approach that honors cultural traditions while embracing modern advancements. The study focuses on a case study in Dhoksan, Nepal, where participatory methods have been used to integrate natural and recycled materials with both traditional and modern construction techniques. The goal is to understand how participation can enhance the understanding and integration of these practices to achieve sustainable development.

1. STUDY AREA

Dhoksan, a Tamang Village located near Kathmandu with a height of 1810m within Shankarapur Municipality. Despite its proximity to Kathmandu, Dhoksan has many attributes similar to other hilly areas in Nepal, making it a perfect area for carrying out experiments on rural development projects where the village has been a focus of community-driven development activities, involving development partners.

The joint effort brought out an innovative approach integrating traditional and modern practices which created a series of construction projects with integration of recycled and natural materials – the extension of the schools, lodge buildings, and kindergarten. This unconventional method has significantly benefited the village's development process, with residents recognizing its potential for economic, environmental and social improvement.

This study will examine the participatory construction process of lodge building focusing knowledge exchange between the local and the volunteer architects. This study will assist architects and community members in understanding how the technique might be repeated in different village models where transporting building supplies is problematic. This also helps to understand people's ideas of sustainability, the challenges of introducing new materials, and how successful such introductions are.

2. METHODOLOGY

This study examines how modern and traditional building techniques are combined in Dhoksan village, Nepal, with a focus on sustainable building methods. Using an embedded approach and a single case study design, the research adopts a qualitative methodology grounded in constructivist and interpretivist concepts. Architects, builders, and community members are interviewed in in-depth interviews, as well as through field observations and key informant interviews.

The study highlights stakeholders' different viewpoints on sustainable building and acknowledges the subjectivity of construction concepts and methodologies. The single-case design with embedded units of analysis increased our understanding of varied building methods and procedures by emphasizing the importance of collaboration between traditional and modern builders. The study examined individual group narratives by integrating holistic and particular viewpoints.

Field observations revealed the resourceful application of recycled materials in local buildings, exhibiting an integration of innovative and traditional architectural techniques. The study incorporated a social constructionist framework to demonstrate how social, ecological, cultural, and technical factors are all part of sustainable construction. The study highlighted how crucial it is to keep ethical issues in mind at every stage to safeguard participants' rights and privacy.

3. FINDINGS

The case study of the Dhoksan is an example of how participatory approaches in architecture can bridge traditional and modern construction practices. This research study not only addresses the technical aspects of construction but also fosters community involvement and sustainable development.

3.1. THE USE OF PERMANENCE IN DESIGN

Contextual design in architecture emphasizes creating harmony with the surrounding environment by integrating local characteristics and material availability (Abrar, 2021). Architectural permanency or design residency, where designers settle in a space over time, allows for a deeper understanding of the site. This approach was evident in the mud house in the research study in Dhoksan, Nepal, where locally available soil (*chimiti mato*) and bamboo materials were used, highlighting the sustainable use of waste materials like straw to reinforce the mud. In addition, a volunteer student noted that the valuable expertise of one of the workers on site made it easier to make a composition for the rammed earth construction. The project facilitated knowledge exchange between local workers and foreign architects, enhancing the construction process through shared insights on material composition and availability.

Figure 1. The roof form design for the rammed earth buildings was inspired by Bhaktapur's thatch-tiled, climate-responsive, and traditional structures.
© Marco Erik Lenz.

Nepal's traditional architecture is well-suited to the region's environment, responding to local climatic materials and crafts conditions (Chandel, Sharma & Marwaha, 2016). The roof form design for the rammed earth buildings was inspired by Bhaktapur's thatch-tiled, climate-responsive, and traditional structures. The students who volunteered to build the building asked the old man in the village how to make the roof. In addition, vehicle tires (tires tubes) for rain protection were also suggested by the locals which further highlights how integrating traditional knowledge can enhance environmentally friendly construction, consistent with Anderson et al.'s perspective on promoting integrated construction.

Integrating traditional knowledge and local craftsmanship into modern architectural design is essential for ensuring durability and contextual appropriateness. During a visit to a brick factory, the exploration of traditional brick-making techniques highlights the importance of incorporating local craftsmanship and cultural heritage into contemporary design as shared by the volunteer student. This approach, combined with the efforts to source and reuse materials, reflects a commitment to sustainability and resourcefulness, which are key aspects of contextual design (Song & al., 2018). The local suggestion to consider the region's earthquake risk led to the removal of a pool from the design, demonstrating how traditional knowledge can enhance safety and resilience. In

contrast, a nearby mud building with modern roofing, which failed to protect against rain, highlighted the shortcomings of disregarding local environmental conditions. The workers observed that the architect's focus on modern design, without considering local climatic factors resulted in significant maintenance issues.

The 2030 Agenda for Sustainable Development emphasizes the importance of inclusive, participatory, and representative decision-making at all stages, particularly for vulnerable groups like women. By integrating workers and hearing their decisions, they feel more part of the project, removing hierarchy and allowing them to think at the same level. This process simplifies subsequent steps and encourages the community to use it in future projects, instead of relying on foreign architects. This approach, used in self-construction building practices, encourages the community to make rational choices and contribute to sustainable development.

3.2. PARTICIPATION TO COLLECTIVELY SHAPE THE WORK: THE PROTOTYPE, THE SELF-CONSTRUCTION

3.2.1. Participation and Collective Shaping

Participatory intervention involves full-scale experimentation, including building prototypes for services and creating larger spaces (Royer, 2022). Prototyping is crucial for communicating and aids designers in expanding or contracting possible concepts. Chou & Austin-Breneman, 2018) highlighted the difficulty in finding locally available products suitable for adaptation during prototyping. On-site modifications are also essential for reducing design fixation. Physical models at 1:1 physical models and detailed drawings can facilitate understanding and reduce design.

Figure 2. Making of 1:1 prototype to communicate on site on making the sliding doors.
© Nisaj Shrestha.

During construction, innovative solutions were developed to address village waste management issues and empower the local community, particularly women. On-site prototypes were created to showcase the reuse of resources like recycled doors, windows, plastic tiles, and natural materials like rammed earth and mud for constructing villages and lodge guests. These efforts tackled challenges such as limited access to finished goods for modification, as highlighted by (Chou & Austin-Breneman, 2018). To overcome this, prototypes of windows and doors were made, and locals were trained in their construction, which was especially important given the varied sizes of these items in the Nepali market.

This initiative empowered female workers by teaching them welding skills and promoting gender equality in the workforce. Work rotations ensured that all workers acquired new skills, fostering social engagement and mutual support. On-site prototypes using recycled doors, windows, and plastic tiles not only managed waste effectively but also addressed environmental concerns (Schlecht & Yang, 2014). A volunteer architect mentioned the challenges of finding knobs for windows and doors, stating, "We didn't utilize a lot of materials, and the knobs for the windows and doors were impossible to find in Nepal, so we created them ourselves. The prototypes were mostly made by teams using materials. When the prototypes were completed, they were made in teams and on the materials, and we showed the people how we did the materials and why".

Figure 3. Local Woman working on the construction site.
© Annika Arndt.

A few female workers were involved in the process, and they learned to weld and were more efficient than most of the males on the construction site. This encouraged them to work harder, and the males also applauded and encouraged them to work harder on the site. This inclusive approach has set a precedent in the village, demonstrating that women can contribute equally to the workforce while building a socially active society. The female worker added "This led me to learn the wielding, and I was appreciated for working more effectively and being skilled compared to the other men in the field. Hence, this kind of motivated me to work harder. In addition, no workers were discriminated against. All the works were given equal priority."

In Nepal, women's salaries are generally 15% less than men with equivalent training, education, and experience. Recent research has revealed that women's labor force involvement and economic standing are major determinants in shifting attitudes about gender equality, particularly among. As a result, these programs encourage males to actively learn about gender equality (Nguyen & Tarp, 2022).

The decentralization of skills led to the rotation of work onsite, where everyone learned every skill, creating an environment for mutual learning and development. This aligns with Lave & Wenger's (1991) concept of communities of practice, where learning occurs through participation in shared practices. The collaboration with international organizations introduced new perspectives, potentially influencing local perceptions of gender roles and social structures, as suggested by Cornwall (2003) work on participatory development.

3.2.2. Challenges and Innovations:

Language problems are frequently encountered while working with international workers (Ramlan & al., 2018). Language obstacles and a limited English ability hampered progress at first (Salleh & al., 2021), but were eventually overcome through efficient communication tactics. A small number of volunteer architects learned the Tamang language and were able to communicate with the workers. Similarly, physical models at a 1:1 scale were used to communicate, which helped designers reduce design fixation (Viswanathan & al., 2014). However, on-site workers reported that it can be time-consuming and expensive to develop prototypes (Hannah & al., 2012). Furthermore, the drawing assists workers in understanding the gaps and measurements necessary for precision on the job sites.

Working with glass offered severe risks, including eye damage and hand wounds. Similarly, the production of plastic tiles resulted in health difficulties such as respiratory disorders caused by smoke inhalation. Accidental burns also required medical attention. The risks associated with glass and plastic operations were mitigated by using safety equipment and following best practices. In addition, purchasing the new plastic tile-making machine was brought for efficient work and mitigate the problem of the burning. As a result, efficient garbage collection and utilization, combined with prototype approaches, facilitated sustainable construction practices and skill development.

3.3. EPHEMERAL PRODUCTION AND CULTURAL EXCHANGE:

The work on the site became a dynamic space for the exchange of knowledge between volunteer architects and the local community. This process leads to innovative solutions, such as the integration of recycled materials into building construction, which would have been challenging to achieve independently. Volunteer architects developed a plan to manage waste by incorporating it into the construction process. They introduced a mixture of soil and bottle caps for rammed earth construction, using an ancient maize crusher to finely crush the caps. Similarly, the use of donated and discarded bricks further showcased the integration of local styles and traditional brick-making techniques, preserving cultural heritage while reducing construction costs. This approach not only highlighted the value of traditional tools but also demonstrated the health benefits and environmental potential of constructing with recycled materials.

The local community used traditional tools and methods, which were less efficient. However, volunteer architects introduced new tools to improve efficiency and speed on the construction site. The researcher while visiting the site observed that the workers used of a nail gun on site which made the work more efficient and faster. Similarly, one of the site workers shared that Nepalese people are habituated to nailing directly on wood however, while working with the volunteer architects Nepalese workers learned to work on a clean and accurate system by marking, making holes, and placing nails. It highlights the new machinery improved efficiency and safety, reducing environmental impact. The focus on safety measures was also emphasized, as the new approach to using new materials was aimed at reducing environmental impact.

Beyond the technical exchange, there is also a rich cultural exchange. Volunteer architects participated in local cultural events, such as Bratabanda (Hindu coming of age ceremony), deepening their understanding and respect for their community's traditions. One of the local workers mentioned that this cultural exchange among the volunteers it helped in demonstrating mutual respect and also helped in creating a deep understanding of local cultures which made it a more sustainable and meaningful presence in the built environment. Such mutual learning enriches construction projects, making them a true reflection of the cultural wealth of the community (Drew, 2005). This incorporation of deeply rooted knowledge and practices into the construction process epitomizes a cen-

tral tenant of participatory methodologies, adding a layer of cultural continuity and significance to the built form. By mixing local customs and values into the fabric of the building process, the essence of participatory construction methodologies is fully realized, endowing the resulting structures with a symbolic and functional permanence that resonates with and celebrates the identity of the community.

4. DISCUSSION

The Triple Bottom Line Framework (Elkington, 1998) provides an insightful case study for analyzing the integration of traditional and modern construction practices. This framework evaluates sustainability through three interconnected pillars: People (social equity), Planet (environment), and Profit (economic viability). The case study's use of a participative approach not only helped to achieve construction objectives but also showed the broader advantages of aligning architectural practices with the principles of Triple Bottom Line.

4.1. PEOPLE: SOCIAL EQUITY AND COMMUNITY EMPOWERMENT

Building construction projects progressively promote social justice, especially equality for women, and are becoming more significant in terms of sustainable development. In Nepal, women comprise only 26.3% of the labor force, while men comprise 53.8% (Nepal's 15th Five-year periodic plan), highlighting persistent gender disparities. While Chant (2016) argues that the employment of women in historically male-dominated fields may lead to societal changes. However, Kabeer (2005) points out these initiatives are hampered by deeply embedded societal conventions. Although the research study found that women were equally paid and encouraged in construction work, the question remains about the long-term impact of localized initiatives without broader social reforms (Parpart, 2014).

According to Wittmayer & al. (2014), the initiative has generated positive feedback in this community through the development of knowledge and abilities related to both modern technology and traditional crafts. Within a collaborative environment, volunteers and locals not only strengthened their social relationships but also learned a great deal from one another. Sharing knowledge and engaging in cultural activities like attending festivals and learning a language contributed to social learning (Braun & Okwako Riekkola, 2018). One of the topics that surfaced was the improvement of worker welfare, which demonstrated advancements in the application of safety training despite continuous obstacles (Plumanns & al., 2019). The sharing of knowledge between local and international collaborators presents both opportunities and challenges for sustainable development. (Berkes, 2009) advocates for the use of both traditional and scientific knowledge, (Nadasdy, 1999) warns of the possibility that this could unintentionally diminish local knowledge systems. Language barriers with international workers hindered progress, but effective communication tactics eventually resolved these challenges (Ramlan & al., 2018, Salleh & al., 2021). Local employees gained communication skills through drawings and models, aligning with Hannah & al. (2012) findings on understanding facilitation. There are however critics like Rogers (2003) who point out that it may lead to overreliance on outside professionals, highlighting the need for local government partnerships.

The case study emphasized cautious planning over immediate decisions which aligns with Mathias & al. (2019) that such planning improves construction efficiency. However, this approach raises questions about its impact on traditional collaborative decision-making processes. The research also emphasizes the two-way knowledge transfer between volunteers and local labor. Swart & al. (2014) argue that integrating diverse knowledge systems can improve project outcomes, but careful attention is required for the long-term impacts on local practices and autonomy. Future research could employ longitudinal studies to assess the durability of these knowledge exchange and their impact on local decision-making processes over time.

4.2. PLANET: ENVIRONMENTAL STEWARDSHIP AND SUSTAINABLE PRACTICES

The case study demonstrated its commitment to environmental sustainability by utilizing locally accessible natural materials including mud, straw, and bamboo, which aligns with low-impact building practices and carbon footprint (Walker, 2007). Traditional techniques like the mixing of cow dung offer an eco-friendly alternative validated by Lekshmi & al. (2020). By emulating nature's time-tested patterns and strategies, this method of construction potentially offers solutions to human challenges while creating conditions conducive to life. Future research could quantify the carbon reduction achieved and compare it with traditional construction to provide more concrete evidence of environmental benefits.

The use of repurposed materials such as plastic tiles and recycled doors and windows helped build a circular economy and supported people in emergencies and natural disasters. This technique is consistent with the findings of Papadaki & al. (2022) and Bonoli & al. (2021) who argue for the role of vernacular architecture in sustainable urban planning. The study also pointed out the prospects of construction waste reuse in new projects to demonstrate how waste management principles can be applied in practice.

Construction waste management techniques have improved local communities' use of waste, highlighting the importance of building design to respond to the environment for environmental sustainability. Beccali & al. (2018) mentions that such development not only enhances comfort but also encourages local design practices. However, challenges exist in safe handling of mate-

rials like glass and plastics during the production phases, highlighting the need to consider long-term impacts on health and the environment. Sisani & al. (2019) suggest that complex waste management can lead to lower human toxicity and impact on human health, with a 66% reduction in human toxicity and a 64% reduction in impact on human health. Hence, adopting sophisticated sorting technologies and focusing on worker training can enhance construction waste management for safety and sustainability.

4.3. Profit: Economic Viability and Sustainable Development

The case study benefited economically from concentrating on utilizing locally available labor and resources thereby lowering the costs of construction and providing new business opportunities in the region. The research study proposed an economically viable strategy that could be transferred to other regions with adequate availability of local people and materials. In this strategy, Oladiran (2015) findings supported that constructing with locally sourced materials is cheaper than importing materials and helps in producing reasonable housing. Furthermore, Ejiofor & Chiedozie (2023) argue this perspective suggesting that the use of locally available materials reduces construction expenses, where durability and the cost of production are the most essential factors.

The skills acquired by local workers, particularly women, have the potential to be leveraged for future economic opportunities, contributing to the long-term economic resilience of the community. By investing in local capacity-building, the project not only addressed the immediate economic needs but also put the facilities for future growth in place. (Morel & al., 2001) emphasize local materials used in construction as a means of reducing energy consumption by up to 215 percent and the impact of transportation by 453 percent, thus, further elevating their economic advantages. The orientation of this project towards local economic development is critical to secure not only the wonder of finishing the project but also the development of the ongoing continuation of the community.

The study found encouraging results but revealed significant challenges in implementing sustainable practices in resource-limited environments. The challenges include sourcing materials and high prototype development costs, which are consistent with Begum et al.'s findings that sustainable supply chains are a major hurdle in developing countries. Future research should explore innovative financing approaches or adaptive designs that use local technology more productively. Long-term economic sustainability requires ongoing support for local enterprises and continuous investment in community skills and infrastructure. Education and training programs are also crucial for promoting traditional knowledge and skills. These findings underscore the importance of sustainable practices in resource-limited environments.

CONCLUSION

Examining the case study in the context of the three pillars of sustainability, this paper explains how the participatory construction process can balance and promote social equity, environmental sustainability, and economic viability. The project was successful in achieving social, environmental, and economic sustainability, through the use of traditional knowledge, modern techniques, and the people's engagement in all the stages. The challenges encountered in the course of the implementation phase also offer helpful insights for future projects by stressing the need for continuous involvement, thorough strategizing, and appropriate sociocultural measures. The model's success is attributed to its adaptability, emphasis on local empowerment, self-sufficiency, gender equality, and participatory decision-making. The project's integration of international volunteers enhances its potential for knowledge transfer and global replication. The Dhoksan case study demonstrates the effectiveness of bottom-up, inclusive development strategies, challenging conventional top-down approaches and demonstrating how local communities can drive sustainable change. Future research should focus on assessing the long-term impacts, scalability, integration of emerging technologies, and economic viability of the model. Although this research illustrates how participatory construction contributes to enhancing community development and sustainability, it underlined the importance of more studies on the effects of such practices on the existing local social order, their universality, and the approaches to implement them in a financially unfavorable situation. The case of Dhoksan however offers an example of participatory construction as a means of sustainable development through building appropriate and resilient structures that respect the local people and their environment.

This research was provided by Action Nepal.

BIBLIOGRAPHY

Abrar, N. (2021). "Contextuality and Design Approaches in Architecture: Methods to Design in a Significant Context". In *International Journal of Education & Social Sciences (IJESS)* (Vol. 2).

Aburamadan, R. & Trillo, C. (2020). "Applying design science approach to architectural design development". *Frontiers of Architectural Research,* 9(1). https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.008

Beccali, M., Strazzeri, V., Germanà, M. L., Melluso, V. & Galatioto, A. (2018). "Vernacular and bioclimatic architecture and indoor thermal comfort implications in hot-humid climates: An overview". In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 82). https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.062

Berkes, F. (2009). "Indigenous ways of knowing and the study of environmental change". In *Journal of the Royal Society of New Zealand* (Vol. 39, Issue 4). https://doi.org/10.1080/03014220909510568

Chandel, S. S., Sharma, A. & Marwaha, B. M. (2016). "Review of energy efficiency initiatives and regulations for residential buildings in India". In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 54). https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.060

Chandel, S. S., Sharma, V. & Marwah, B. M. (2016). "Review of energy efficient features in vernacular architecture for improving indoor thermal comfort conditions". In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 65). https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.038

Chou, S. & Austin-Breneman, J. (2018). « Prototyping methods and constraints for small-to-medium sized enterprises in East Africa ». *Development Engineering*, 3. https://doi.org/10.1016/j.deveng.2018.05.002

Cornwall, A. (2003). "Whose voices? Whose choices? Reflections on gender and participatory development". *World Development,* 31(8). https://doi.org/10.1016/S0305-750X (03) 00086-X

Dixit, M. A., Parajuli, K. Y. & Guragain, R. (2004). « Indigenous Skills and Practices of Earthquake Resistant Construction in Nepal ». *13th World Conference on Earthquake Engineering.*

Elkington, J. (1998). "Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business". *Environmental Quality Management,* 8(1). https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106

Fernandes, J., Mateus, R., Bragança, L. & Correia Da Silva, J. J. (2015). "Portuguese vernacular architecture: The contribution of vernacular materials and design approaches for sustainable construction". *Architectural Science Review*, 58(4). https://doi.org/10.1080/00038628.2014.974019

Ghaffarianhoseini, A., Dahlan, N. D., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., Makaremi, N. & Ghaffarianhoseini, M. (2013). « Sustainable energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges ». In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 25). https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.010

Hannah, R., Joshi, S., & Summers, J. D. (2012). "A user study of interpretability of engineering design representations". *Journal of Engineering Design*, 23(6). https://doi.org/10.1080/09544828.2011.615302

Kabeer, N. (2005). "Gender equality and women's empowerment: A critical analysis of the third Millennium Development Goal". *Gender and Development*, 13(1). https://doi.org/10.1080/13552070512331332273

Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M. & Walker, P. (2001). "Building houses with local materials: Means to drastically reduce the environmental impact of construction". *Building and Environment*, 36(10). https://doi.org/10.1016/S0360-1323 (00)00054-8

Mpofu, D. & Miruka, C. (2009). "Indigenous Knowledge Management Transfer Systems Across Generations In Zimbabwe". *Indilinga: African Journal of Indigenous Knowledge Systems*, 8(1). https://doi.org/10.4314/indilinga.v8i1.48247

Nadasdy, P. (1999). "The politics of TEK: Power and the "integration" of knowledge". *Arctic Anthropology*, 36(1–2). https://doi.org/10.59962/9780774851886-006

Nguyen, C. V. & Tarp, F. (2022). "Changing male perceptions of gender equality: Evidence from a randomised controlled trial study". *World Development*, 158. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106019

Oladiran, O. J. (2015). "Investigating the Use of Local Materials for Building Construction". *Journal of Sustainable Technology*, 6(2).

Opoku, A. (2019). "Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs)". *Resources, Conservation and Recycling*, 141. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.011

Parpart, J. L. (2014). "Exploring the transformative potential of gender mainstreaming in international development institutions". *Journal of International Development*, 26(3). https://doi.org/10.1002/jid.2948

Pathak, S. (2019). "Biomimicry: (Innovation Inspired by Nature)". *International Journal of New Technology and Research*, 5(6). https://doi.org/10.31871/ijntr.5.6.17

Rijal, S., Rimal, B., Stork, N., & Sharma, H. P. (2020). "Quantifying the drivers of urban expansion in Nepal". *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(10). https://doi.org/10.1007/s10661-020-08544-3

Robson, E. (2023). "Assessing the Social Values of Built Heritage: Participatory Methods as Ways of Knowing". *Architecture*, 3(3). https://doi.org/10.3390/architecture3030023

Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T. & Passer, A. (2020). "Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation". *Applied Energy*, 258. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107

Rogers, A. (2003). "Participation: the New Tyranny?" *International Journal of Educational Development*, 23(2). https://doi.org/10.1016/s0738-0593 (02) 00022-6

Royer, M. (2022). « What Participation Creates in Experimental Design Practices. The Case of a Mobile Third Place Built in a Retirement Home ». *Architecture*, 2 (1). https://doi.org/10.3390/architecture2010004

Schlecht, L. & Yang, M. (2014). "Impact of prototyping resource environments and timing of awareness of constraints on idea generation in product design". *Technovation*, 34(4). https://doi.org/10.1016/j.technovation.2013.11.001

Sisani, F., Maalouf, A., Di Maria, F., Lasagni, M. & El-Fadel, M. (2019). "Increasing material and energy recovery from waste facilities: Human health and ecosystem quality implications". *Detritus*, 5(March). https://doi.org/10.31025/2611-4135/2019.13788

Song, Y., Hou, D., Zhang, J., O'Connor, D., Li, G., Gu, Q., Li, S. & Liu, P. (2018). "Environmental and socio-economic sustainability appraisal of contaminated land remediation strategies: A case study at a mega-site in China". *Science of the Total Environment*, 610–611. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.016

Swart, R., Biesbroek, R., & Lourenço, T. C. (2014). "Science of adaptation to climate change and science for adaptation". In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 2, Issue JUL). https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00029

Tengö, M., Hill, R., Malmer, P., Raymond, C. M., Spierenburg, M., Danielsen, F., Elmqvist, T. & Folke, C. (2017). "Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond — lessons learned for sustainability." In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vols. 26–27). https://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.12.005

AUTHOR'S BIOGRAPHICAL NOTE

Prakriti DANGOL is an architect with a postgraduate degree in sustainable architecture from Escola Superior Artistica do Porto, Portugal. Recently, she completed her Master's in Sustainable Development in Nepal from Kathmandu University School of Education, she has dedicated her knowledge and time to the field of architecture. Her passion led her to explore passive solar housing in mountainous areas and earthen architecture.

AUTOPRODUCCIÓN DE VIVIENDA ASISTIDA: UNA ESTRATEGIA DE ACCESO A UNA VIVIENDA DIGNA Y EL FORTALECIMIENTO COMUNITARIO.

Ana Katherine CARREÑO CHARRY, Architecte – DSA terre, ENSAG, Salariée d'Habitat-Cité (kathycarreno2012@gmail.com)

RESUMEN

El acceso a una vivienda digna es un derecho fundamental, pero sigue representando un desafío en muchas partes del mundo, con millones de familias afectadas especialmente en América Latina. Aunque los Estados buscan abordar este déficit a través de inversiones en el sector privado, la vivienda-mercancía propuesta no es suficiente ni accesible para las poblaciones más vulnerables. Aquí es donde la Producción Social del Hábitat (PSH), impulsada por procesos de autoproducción asistida, juega un papel importante al promover la participación activa de las comunidades en la construcción y mejora de sus viviendas. Dos experiencias en El Salvador, el proyecto "Cuna de la Paz" y el proyecto de mejoramiento del hábitat en Potrerillos destacan la importancia de este enfoque. Ambos proyectos involucran a la comunidad en todas las etapas del proceso, lo que contribuye a la cohesión social y al empoderamiento de las mujeres. Aunque enfrentan desafíos como la falta de apoyo estatal y la escasez de recursos demuestran el potencial de la autoproducción asistida para abordar el déficit habitacional y promover el desarrollo comunitario sostenible.

INTRODUCCIÓN

El acceso a una vivienda y hábitat[1] digno es un derecho fundamental. Sin embargo, a pesar de ello, la realidad demuestra que este acceso sigue representando un desafío significativo en diversas regiones del mundo, lo que afecta a millones de familias. Solo en América Latina, el déficit cuantitativo se estima en más de 23 millones de viviendas y el déficit cualitativo en más de 43 millones de viviendas (CAF 2023). Este déficit pretende ser cubierto por una buena parte de los Estados a través de inversiones en el sector privado deslindándose así de su responsabilidad. Sin embargo, la vivienda-mercancía propuesta por el Estado no es ni suficiente ni accesible para las poblaciones en condiciones de pobreza, y además termina por invisibilizar a los productores sociales e individualizar las soluciones de hábitat, lo cual tiene graves consecuencias en las sociedades.

Es allí donde la producción social del hábitat (PSH), impulsada por procesos de autoproducción asistida ya sea desde el modelo de cooperativas de vivienda por ayuda mutua

1. Según Organización Hábitat International Coalition (HIC) el Hábitat es "el conjunto de condiciones ambientales y materiales que permiten la satisfacción de las necesidades vitales y la supervivencia de una especie…" (AGUDELO, VACA, y GARCÍA UBAQUE, 2013).

(CVAM)[2], asociaciones, comunidades organizadas, sindicatos, entre otros, adquiere un papel importante en la solución del problema. Estos procesos son innovadores, ya que se apoyan en la autogestión y participación activa de los colectivos en la construcción y mejora de sus viviendas. Esto no solo proporciona soluciones habitacionales dignas, sino que también tiene en cuenta sus modos de vida, promueve la cohesión social, el fortalecimiento de capacidades, la autonomía, entre otras ventajas, que finalmente impactan positivamente al formar una ciudadanía solidaria, consciente y responsable.

La visibilización de las diferentes experiencias de producción y gestión social del hábitat, así como la articulación entre los distintos actores y redes que defienden el derecho al hábitat, es sin duda una tarea fundamental que diversas organizaciones han llevado a cabo desde los años 60 y con más fuerza en la actualidad. Esto no solo busca inspirar nuevas iniciativas y fortalecer las existentes, sino también influir y presionar a los gobiernos y otras instituciones para que consideren la producción social como el mejor camino para abordar el déficit habitacional. Además, se busca promover estos modelos y proporcionar garantías a las comunidades y organizaciones que optan por embarcarse en esa aventura.

Este artículo tiene como objetivo visibilizar dos experiencias de Producción Social del Hábitat (PSH) en El Salvador. Cada una de estas experiencias surge y se desarrolla en contextos y modelos de PSH diferentes, pero al final convergen en puntos comunes que ofrecen lecciones interesantes.

1. AUTOPRODUCCIÓN DE VIVIENDA ASISTIDA: UNA SOLUCIÓN INNOVADORA

Existen distintas modalidades de PSH[3], entre las cuales que se pueden destacar dos: Autoproducción, impulsada históricamente por sectores de menores ingresos que se ven obligadas a autoproducir sin apoyos sus barrios y su vivienda de forma individual (Di Virgilio M. y Rodríguez M., 2013), lo que comúnmente se conoce como vivienda informal; y la otra modalidad que se refiere a los procesos generadores de espacios habitables que se realizan bajo el control de auto productores y otros agentes sociales que operan sin fines de lucro (Ortiz. E. 2011). Mientras que la primera tiende a excluir a los productores y perpetuar la vulnerabilidad, la segunda se presenta como una solución innovadora para garantizar el derecho de acceso a una vivienda digna. Además, esta segunda modalidad también se presenta con distintos enfoques, uno de ellos es la autoproducción asistida.

2. Según FUNDASAL el CVAM es una "asociación voluntaria de personas con personalidad jurídica, de duración indefinida y responsabilidad limitada. Los individuos se organizan democráticamente para satisfacer sus necesidades de vivienda y promover la mejora de su hábitat a través de la ayuda mutua, la autogestión y la propiedad colectiva".

3. Consultar «El camino posible: Producción social del Hábitat en América Latina», parte 1, por Enrique Ortiz en 2011. Enrique Ortiz es el coordinador de la Oficina Regional para América Latina de la Coalición Internacional para el Hábitat.

La autoproducción de vivienda asistida se presenta como un enfoque innovador, ya que, a diferencia de la oferta imponente de la vivienda mercantil (Fig. 1), que suele ignorar los sueños y modos de vida de las familias; este enfoque se caracteriza por promover una participación más horizontal tanto de las organizaciones de apoyo como de los futuros habitantes. Además, cuenta con un equipo de profesionales multidisciplinarios comprometidos cuyo rol principal es brindar la información y capacidades necesarias a las familias para que el proyecto se desarrolle con éxito. Incluye la capacitación constante para los habitantes y profesionales, así como la adaptación a las necesidades específicas de cada comunidad y el uso de sistemas mixtos de construcción con mano de obra contratada, voluntarios y ayuda mutua de los futuros habitantes.

Todo esto contribuye a tener en cuenta los saberes locales, fortalecer capacidades tanto a nivel individual como comunitario, promover la participación activa, solidaria y responsable en todas las etapas del proceso, así como también la democracia y la autogestión. En resumen, se trata de la construcción de una convivencia activa, presente en un proyecto de hábitat vivo[4] y seguro donde los protagonistas son sus habitantes.

Figura 1. Conjunto de vivienda de interés social producido bajo la lógica de mercado en las periferias de la ciudad de México.
© Jorge Taboada.

2. EXPERIENCIAS EN EL SALVADOR

El Salvador es uno de los países más pequeños y densamente poblados del mundo, enfrenta desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad de recursos y tecnología para asegurar una buena calidad de vida a su población. Se enfrenta a un déficit habitacional que afecta al 58% de los hogares, y el

4. Según Enrique Ortiz habitat vivo se refiere al que esta « integrado en lo sociocultural, lo físico-ambiental y lo económico ».

acceso al agua potable es limitado y afecta al 70% de la población (VMVD, 2015). Esto implica que seis de cada diez salvadoreños carecen de viviendas dignas y solo tres de cada diez hogares tienen acceso al agua.

La Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), desde sus inicios en 1968, ha luchado por el acceso a la vivienda digna para poblaciones vulnerables en El Salvador, Han consolidado su metodología de intervención. Ha desarrollado más de 300 proyectos habitacionales, ya sea de construcción nueva o de mejoramiento, y ha brindado acompañamiento a más de 68 comunidades en proyectos de mejoramiento de barrios, entre ellas las dos experiencias presentadas en este artículo.

2.1. PROYECTO HABITACIONAL "CUNA DE LA PAZ"

El proyecto Cuna de la Paz se ubica en La Palma, Chalatenango, al norte de El Salvador, en un contexto semiurbano montañoso de clima templado. El proyecto está gestionado por dos cooperativas de vivienda por ayuda mutua (CVAM): ACOVICUPA[5] y ACOVIAMET[6] las cuales agrupan a familias mayoritariamente de mujeres cuidadoras (71%) con recursos económicos limitados por sus trabajos informales y que carecen de viviendas propias.

El proyecto, aún en ejecución, surge en 2005 como una iniciativa de FUNDASAL para implementar el Cooperativismo de Vivienda por Ayuda Mutua - CVAM en El Salvador como una forma de autoproducción asistida, inspirándose en el ejemplo uruguayo de FUCVAM[7]. Sin embargo, debido a la falta de una política de suelo accesible y de recursos, las cooperativas no iniciaron las obras hasta 2016 con la construcción del salón comunitario, y en 2019 comenzaron con la construcción de las viviendas. El proyecto integral consiste en la construcción de 62 viviendas en sistemas constructivos de adobe sismorresistente y quincha, con infraestructura, servicios y espacios comunes. De estas viviendas, 23 en adobe reforzado están terminadas y en proceso de habitación (Fig. 2), mientras que 39 están en proceso de construcción en quincha.

El modelo CVAM es una alternativa digna para acceder a una vivienda adecuada, segura y sostenible. Este modelo es inherentemente participativo y opera a través de una estructura organizacional definida, que incluye una Asamblea General, un Consejo de Administración y Comités de Trabajo. Se basa en cuatro principios fundamentales: autogestión y democracia, ayuda mutua, propiedad colectiva y asistencia técnica. Este último aspecto, la asistencia técnica, se retira cuando el proyecto llega a la fase de convivencia. En el caso de Cuna de la Paz, los socios han tenido que atravesar un proceso de participación activa, fortalecimiento de capacidades (Fig. 3), empoderamiento e incorporación a las actividades de construcción del proyecto para finalmente obtener los resultados actuales.

Figura 2. Foto aérea del proyecto Cuna de la Paz con los avances a septiembre de 2023.
© FUNDASAL.

Figura 3. Los y las asociadas de las cooperativas participan a un taller de formulación de repellos en tierra.
© Katherine Carreño.

A lo largo de los años de desarrollo, el proyecto Cuna de la Paz ha logrado una serie de hitos destacados, entre los cuales se incluyen los siguientes: ha llegado a ser reconocido a nivel nacional e internacional como un ejemplo de construcción con técnicas locales mejoradas con tierra. A pesar de las dificultades en el proceso, se ha mantenido la motivación de un grupo de familias y se ha seguido motivando a otras. La comunidad resultante es autónoma y solidaria, lo que ofrece un proyecto de vida y un espacio seguro a las familias. Se ha logrado fortalecer significativamente las capacidades individuales y organizativas de los miembros asociados, particularmente al empoderar a las mujeres mediante la distribución equitativa

5. Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua "Cuna de La Paz"
6. Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua "El Triunfo"
7. FUCVAM es La federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua, la cual es una organización de segundo grado que agrupa cooperativas de vivienda en todo el Uruguay. Desde su fundación en 1970, la Federación impulsa un esquema de Producción Social del Hábitat basado en la autogestión, la ayuda mutua y la propiedad colectiva, como una estrategia para extraer del mercado inmobiliario territorios urbanos cada vez más amplios.

de responsabilidades entre géneros y cuestionar los roles tradicionales (Fig. 4). Además, se ha promovido el desarrollo de iniciativas económicas individuales y colectivas. Finalmente, ha permitido que 23 familias ya accedan a una vivienda digna, accesible y segura, con otras 39 próximamente.

Figura 4. Mujeres participan a la construcción de los refuerzos para las viviendas de adobe.
© Katherine Carreño.

Sin embargo, este proyecto también se ha enfrentado a una serie de desafíos, entre ellos: la ausencia de garantías por parte del estado, especialmente en acceso al suelo y financiamiento, lo que ha provocado largos tiempos de espera y considerables esfuerzos para obtener financiación[8], sujeta a fluctuaciones. La inestabilidad económica de los miembros asociados, que repercute en su participación en el proyecto. La limitada disponibilidad de materiales, a pesar de que una parte de la tierra y las piedras provienen de las excavaciones del lugar. Conflictos internos derivados de la convivencia y diferencias de opinión. Sobrecarga de trabajo, especialmente para las mujeres cabeza de familia. Y finalmente, las dificultades de aceptación de la propiedad colectiva y la ayuda mutua por parte de las familias interesadas en ser nuevas socias.

2.2. PROYECTO DE MEJORAMIENTO DEL HÁBITAT EN POTRERILLOS

El proyecto se ubica en la comunidad de Potrerillos, Alegría, Usulután, al sureste de El Salvador, en un contexto rural remoto y montañoso. Es gestionado por un grupo de habitantes organizados en una Asociación de Desarrollo Comunal (ADESCO) y comités de trabajo (riesgos, agua, juventud, mujeres, derechos humanos). Las familias que participan en el proyecto sufren de abandono estatal, condiciones económicas precarias y la falta de vivienda digna y servicios básicos.

En 2015, la comunidad de Potrerillos solicitó ayuda a FUNDASAL después de sufrir un enjambre sísmico que causó daños significativos en la mayoría de las viviendas de la comunidad, las cuales estaban construidas en la técnica tradicional de bahareque[9] (Fig. 5). Inicialmente se implementaron medidas de respuesta urgente, como la donación de techos. Luego, tras un proceso de capacitación, organización comunitaria y gestión de financiamiento[10] en 2021 se iniciaron las obras de mejoramiento del hábitat. Estas obras incluyen diversas intervenciones, como la construcción de servicios de saneamiento, en este caso letrinas, lavaderos y duchas, así como viviendas nuevas de bahareque, de las cuales 3 fueron diseñadas como prototipos en diferentes tipos de bahareque: bahareque mejorado (Fig. 6), bahareque céren y quincha. También se llevaron a cabo rehabilitaciones de viviendas con intervenciones sencillas, como revestimientos, pisos y techos. Se implementó infraestructura de servicios con tuberías y puntos de agua, y se instalaron cocinas ahorradoras, todo esto desarrollado bajo la metodología de ayuda mutua.

Figura 5. Viviendas en Bahareque tradicional en Potrerillos.
© Stéphane Étienne.

Figura 6. Vivienda construida en Bahareque mejorado con madera en la primera fase del proyecto.
© Katherine Carreño.

Además, el proyecto desarrolla procesos de fortalecimiento de la soberanía alimentaria mediante la creación y asesoramiento de huertos familiares y colectivos, así como el fomento del desarrollo económico a través de grupos de economía

8. El proyecto «Cuna de la Paz» es ejecutado por FUNDASAL y financiado mayoritariamente por cooperación internacional. Entre los principales financiadores se encuentran la Fundación Abbé Pierre a través de la asociación Habitat-Cité, We Effect, ACNUR y la Embajada de Alemania.

9. El bahareque es un sistema de construcción de viviendas a partir de palos o cañas entretejidos y tierra recubriéndolos. Esta técnica ha sido utilizada desde épocas remotas para la construcción de vivienda en pueblos de América.

10. El proyecto en Potrerillos es ejecutado por FUNDASAL y financiado mayoritariamente por cooperación internacional. Entre los principales financiadores se encuentra la Agencia de Desarrollo Francesa AFD y Manos Unidas.

solidaria, conocidos como SECOME[11], que reúnen diversas iniciativas económicas locales. Las siguientes fases del proyecto tienen como objetivo continuar con el fortalecimiento comunitario, las rehabilitaciones de vivienda y las actividades destinadas a mejorar los medios de vida de las familias, puesto que las necesidades persisten en Potrerillos y las comunidades aledañas.

El modelo utilizado es el de la autoproducción asistida a través de una comunidad organizada que incorpora las lecciones aprendidas de FUNDASAL en sus otras intervenciones. Los habitantes han pasado por un proceso que incluye la identificación de necesidades, diagnóstico constructivo, validación participativa, fortalecimiento de capacidades, empoderamiento e integración en las actividades de construcción de las distintas obras, así como en la economía solidaria, para finalmente lograr los resultados actuales.

A lo largo de su evolución, el proyecto ha generado impactos significativos, entre los cuales se destacan el fortalecimiento de los conocimientos y habilidades de las personas participantes, especialmente de las mujeres, en técnicas constructivas locales. Este proceso no solo ha dotado a la comunidad de habilidades prácticas fundamentales, como la alfabetización, sino que también ha fomentado una mayor conciencia sobre sus condiciones y derechos, lo que ha dado lugar al surgimiento de liderazgos importantes. Además, el proyecto ha promovido el empoderamiento y la autonomía de las mujeres, brindándoles voz y poder en las decisiones locales, así como oportunidades para establecer pequeñas empresas y participar activamente en el trabajo de construcción. Asimismo, se ha logrado avanzar en la seguridad alimentaria de las familias mediante la implementación de huertos y la adopción de prácticas agroecológicas. Por último, la colaboración con organizaciones como CRAterre y Habitat-Cité ha enriquecido los enfoques y conocimientos de FUNDASAL en términos de culturas constructivas locales y técnicas de construcción en tierra. Todo esto ha creado un entorno propicio para el aprendizaje continuo y la replicabilidad del proyecto, lo que sugiere un potencial de sostenibilidad a largo plazo.

Sin embargo, este proyecto también ha enfrentado una serie de desafíos, principalmente de origen externo. Entre ellos, se encuentra la afectación de las condiciones económicas de las familias, agravadas por el cambio climático y el trabajo informal, lo que limita la participación de las familias y aumenta su vulnerabilidad. Además, la comunidad es propensa a riesgos ambientales. La inserción laboral, especialmente de las mujeres y los jóvenes, se ve afectada por factores externos, lo que aumenta la migración de la comunidad. La sobrecarga de las mujeres y los líderes comunitarios, así como de los asesores que los acompañan, presenta un reto adicional. La accesibilidad a la comunidad representa otro desafío que genera retrasos e interrupciones temporales en el proyecto. La falta de recursos limita la capacidad para mejorar una mayor cantidad de viviendas y para el mejoramiento de los medios de saneamiento. Finalmente, persisten algunas desigualdades de género que requieren ser abordadas.

11.La iniciativa «Semilla Comunitaria para el Mejoramiento Económico» (SECOME) es impulsada por FUNDASAL y está basada en los principios de la economía solidaria. A través de un capital semilla, permite que grupos solidarios desarrollen sus iniciativas económicas individuales, familiares o comunitarias.

3. PUNTOS COMUNES Y REFLEXIONES

3.1 EL ENFOQUE PARTICIPATIVO Y COMUNITARIO

Ambas experiencias no serían posibles sin la participación activa de la comunidad en todas las etapas del proceso, desde la identificación de necesidades hasta la implementación y mantenimiento de las soluciones habitacionales. Es decir, que cada proceso de PSH implica un compromiso más profundo con el cambio social, a pesar de tener un objetivo físico. Lo que no sería posible si los participantes no adquieren conciencia de la necesidad de asumir un papel activo para mejorar su calidad de vida. Este punto en común de estas y otras experiencias refleja una tendencia hacia modelos más horizontales y democráticos de desarrollo comunitario, donde las personas afectadas tienen voz y poder en las decisiones que influyen sus vidas y, por lo tanto, se comprometen y se apropian de ellas.

3.2. IMPACTO EN EL FORTALECIMIENTO COMUNITARIO

Aunque el objetivo de ambos procesos es obtener una vivienda y hábitat digno, esto no sería posible si no existiera una comunidad organizada y fortalecida. En Potrerillos, el proyecto se desarrolla en una comunidad preexistente, donde ya existen relaciones sociales; la mayoría de los habitantes se conocen entre sí e incluso tienen lazos familiares. Por otro lado, Cuna de la Paz, es una comunidad en formación donde, a lo largo del proceso de desarrollo del proyecto, ha experimentado un proceso de cohesión y solidificación de vínculos.

Es importante mencionar ambos contextos, ya que han sido fortalecidos, aunque de distintas maneras. En Potrerillos, los lazos preexistentes facilitan la colaboración y la toma de decisiones. El impacto ha sido el fortalecimiento de los lazos sociales y el trabajo colectivo hacia un objetivo común, como la mejora de sus condiciones de vida. En Cuna de la Paz, el trabajo conjunto en los espacios de decisión y la obra han permitido construir una identidad comunitaria y un sentido de pertenencia. Además, en ambas experiencias se ha promovido la igualdad de género y la generación de oportunidades económicas.

Ese fortalecimiento no sería posible si al inicio no existe lo que llama FUNDASAL un cambio de chip en sus participantes. Este cambio implica una transformación en la forma en que perciben su entorno y su papel en él. Cuando los participan-

tes adquieren conocimiento sobre sus derechos y conocen las causas estructurales de la situación en la que viven, se vuelven conscientes de su capacidad para enfrentar los desafíos de manera colectiva, les es posible empoderarse, fortalecerse como grupo y asumir un papel activo en la mejora de sus condiciones de vida (HIC-AL/Grupo de trabajo de PSH, 2017).

3.3. IMPACTO EN EL EMPODERAMIENTO DE LA MUJER

En ambos proyectos se destaca el papel central que han desempeñado las mujeres en la conducción de sus procesos. A pesar de contar con un nivel educativo bajo y carecer de experiencia previa en el campo de la construcción o la organización comunitaria, han realizado esfuerzos significativos para asumir todas las responsabilidades que se les han encomendado, lo que ha generado cambios sustanciales en sus vidas. Es especialmente notable que expresen que la inclusión en los procesos constructivos, de los cuales históricamente han sido excluidas (Cauderay, 2023), las ha transformado, han roto el paradigma del "yo no puedo" (Daysi 2022). Manifiestan con alegría que ahora son capaces de hablar en público (Fig. 7), explicar procesos técnicos, llevar cuentas, entre otras actividades que nunca hubieran imaginado hacer.

Figura 7. Mujeres del proyecto Cuna de la Paz explican los resultados de un taller participativo de género.
© Katherine Carreño.

Estas experiencias y otras demuestran que los procesos de PSH a través de la autoproducción asistida tienen el potencial de desempeñar un papel fundamental en la lucha por la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres, ofreciéndoles un espacio para tomar conciencia de sus derechos y asumir roles destacados y de liderazgo, los cuales, en muchas ocasiones, les son negados en la sociedad en la que viven. FUNDASAL y las organizaciones que le acompañan en este caso desempeñan un papel crucial a través de su enfoque transversal de género y prevención de violencias de género que aplican en su institución y lugares de trabajo.

Este proceso de empoderamiento no siempre ha sido fácil para estas mujeres ni para quienes las acompañan, por lo que es importante recordar que la lucha contra las desigualdades de género requiere un compromiso continuo y no es una tarea exclusiva de las mujeres, Es crucial acompañarlas en este camino.

3.4. REPLICABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD

Tanto Potrerillos como Cuna de la Paz son proyectos que aún están en ejecución, y FUNDASAL, junto a sus socios, ha priorizado las capacitaciones técnicas. Estas capacitaciones no solo se centran en la ejecución de las obras, sino principalmente en dotar a los participantes con las capacidades necesarias para mantener, ampliar y gestionar sus viviendas y obras comunitarias a largo plazo. Además, al garantizar esto, se abre un potencial de replicabilidad espontánea.
Sin embargo, aunque los participantes demuestran sus capacidades técnicas, aún existen retos para garantizar la sostenibilidad. Entre estos retos se destaca la necesidad de repensar las estrategias de comunicación y las buenas prácticas para asegurar que los conocimientos adquiridos puedan ser transmitidos a nuevos integrantes de la comunidad o de generación en generación. En cuanto a la replicabilidad, el principal desafío ha sido generar respuestas lo más accesibles y locales posibles, lo que a menudo se ve obstaculizado por la disponibilidad de materiales locales.

3.5. RESCATE DE LAS TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS LOCALES

Ambos proyectos se desarrollan en un contexto donde el concepto de "desarrollo" ha llevado a la pérdida y al menosprecio de las culturas constructivas locales (CCL) basadas en el uso de la tierra como material de construcción. Por lo tanto, estas experiencias establecen un precedente significativo al introducir un nuevo enfoque de desarrollo que reconoce la tierra como una alternativa viable y segura para la construcción, tanto en áreas rurales como urbanas. Cada experiencia lo hace desde enfoques distintos.

En el caso de Potrerillos, se rescatan las técnicas constructivas locales a través de su rehabilitación (Fig. 8), proposición de mejoras y capacitación a la comunidad en su construcción.

Figura 8. Casa construida en adobe y bahareque tradicional rehabilitada en Potrerillos.
© Stéphane Étienne.

Se llevó a cabo un diagnóstico de culturas constructivas para identificar las inteligencias locales, así como las buenas y malas prácticas constructivas. Esto permitió proponer prototipos de viviendas nuevas en bahareque y estrategias de intervención para mejorar las viviendas tradicionales de bahareque.

Por otro lado, Cuna de la Paz vuelve a poner en el panorama la construcción en tierra, convirtiéndose en un ejemplo destacado al ser la primera urbanización en utilizar el sistema de adobe reforzado y quincha en el país. El adobe reforzado (Fig. 9) se pudo implementar gracias a la existencia de un reglamento técnico en El Salvador[12] que regula y tecnifica la construcción en adobe en el país, mientras que la quincha (Fig. 10), al no ser reglamentada, se pudo utilizar gracias a la incidencia y demostración de la experiencia adquirida en el proyecto Potrerillos.

12.El reglamento técnico salvadoreño: RTS 91.02.01:14 "Urbanismo y construcción en lo relativo al uso del sistema constructivo de adobe para vivienda de un nivel" fue aprobado en 2014 gracias a la colaboración entre el Gobierno de El Salvador con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y otras instituciones como FUNDASAL.

Figura 9. Vivienda en adobe reforzado en proceso de construcción.
© Katherine Carreño.

Figura 10. Viviendas en proceso de Construcción de quincha y al fondo las viviendas terminadas en adobe reforzado.
© FUNDASAL.

3.6. DESAFÍOS COMUNES

A pesar de los logros alcanzados, ambos proyectos enfrentan desafíos similares, como la falta de garantías por parte del Estado en especial la falta de financiamiento y políticas públicas, la inestabilidad económica de las familias participantes y su sobrecarga laboral, la escasez de recursos y materiales, y los riesgos ambientales. Estos desafíos resaltan la necesidad de un compromiso continuo para influir en que el gobierno y otras instituciones apoyen y fortalezcan las iniciativas de producción social del hábitat. Además, subrayan la importancia de abordar las desigualdades estructurales que perpetúan la pobreza y la exclusión.

CONCLUSIÓN

La producción social del hábitat (PSH) se presenta como un enfoque tanto innovador como indispensable para abordar el déficit habitacional y asegurar el acceso universal a una vivienda digna. Las experiencias llevadas a cabo en El Salvador ilustran cómo la autoproducción asistida y la participación activa de las comunidades no solo transforman el entorno físico, sino también las condiciones sociales y económicas de los individuos. Estos proyectos han sido capaces de rescatar técnicas constructivas locales, promover la igualdad de género, fortalecer el tejido social y empoderar a las comunidades para que se conviertan en protagonistas de su propio desarrollo.

No obstante, estos logros se enfrentan a una serie de desafíos, como la falta de respaldo institucional, la inestabilidad económica y los riesgos ambientales. Para asegurar la continuidad y el éxito de futuras intervenciones, es fundamental abordar estas desigualdades estructurales y fortalecer la colaboración entre el gobierno, las organizaciones de la sociedad civil y las comunidades. Asimismo, es crucial desarrollar estrategias de seguimiento y evaluación que garanticen la sostenibilidad a largo plazo y promuevan la replicabilidad de los modelos exitosos.

En última instancia, el futuro de la producción social del hábitat en El Salvador y en otros contextos dependerá del compromiso colectivo para reconocer y valorar estas experiencias, así como de la disposición a colaborar conjuntamente desde diversos ámbitos y saberes para enfrentar los desafíos y construir un porvenir más equitativo e inclusivo. En este sentido, resulta imperativo otorgar visibilidad a estas iniciativas, internalizar las lecciones que ofrecen y fomentar un enfoque de desarrollo que sitúe a los individuos en el centro de las políticas y acciones pertinentes.

BIBLIOGRAFÍA

Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano - VMVD (2015). *Política nacional de vivienda y habitat de El Salvador*. http://www.vivienda.gob.sv/Archivos/pnvh/Pol%C3%ADticaNacionaldeViviendayH%C3%A1bitatdeElSalvadorVice.pdf

Di Virgilio, M. et Rodríguez M. (2013). *Producción social del hábitat: abordajes conceptuales, prácticas de investigación y experiencias en las principales ciudades del Cono Sur.* Café de las ciudades, Buenos Aires, p 10.

HIC-AL/Grupo de trabajo de PSH (2017) *Utopías de construcción: experiencias latinoamericanas de producción social del hábitat*. HIC-AL, México, p 14.

Cauderay, E. (2023) *GENRE & HABITAT*. CRAterre éditions. France. p 28.

Ortiz, E. (2011) *Producción social de vivienda y hábitat: bases conceptuales para una política pública. En el camino posible. Producción Social del Hábitat en América Latina*. Ediciones Trilce Montevideo, Uruguay. p 145.

CAF. (2023). *Vivienda asequible en América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2023/08/vivienda-asequible-en-america-latina-y-el-caribe/

AGUDELO, C., VACA, M., y GARCÍA UBAQUE, C. (2013) *Modelo de producción social del hábitat frente al modelo de mercado en la construcción de vivienda de interés social*. Tecnura, p 37-52.97-112.

NOTA BIOGRÁFICA DE LA AUTORA

Ana Katherine CARREÑO CHARRY Arquitecta con el DSA de arquitectura de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible de la Escuela Nacional Superior de Arquitectura de Grenoble y el laboratorio de investigación CRAterre, Miembro de la empresa tierraTEC en Colombia y Encargada de proyectos para Habitat-Cité en el Salvador y Colombia.

BÍO CASA VÁ: DIÁLOGO, VINCULACIÓN TECNOLÓGICA Y SUSTENTABILIDAD.

Jessica MESONES Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay (jessimesones@gmail.com)
Claudia VARIN Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay. IEC-UTU (claudiavarin@gmail.com)
Gabriela VAZQUEZ Red de Bioconstrucción Uruguay, Uruguay (gavazquezt@gmail.com)
Bruno PALUMBO Red de Bioconstrucción Uruguay, Uruguay (brunoopalumbo@gmail.com)
Tiago MACHAIN Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República, Uruguay (tiago.machain@gmail.com)

RESUMEN

El proyecto Bio Casa Vá se desarrolla en colaboración con la FADU, la Huerta Comunitaria Casavalle y otros entes académicos y comunitarios, enfocados en abordar la deficiencia cualitativa de la vivienda. Su objetivo es mejorar la calidad de vida en Casavalle, una zona periférica de Montevideo, mediante la construcción sustentable con materiales naturales como madera, tierra y fibras naturales, promoviendo la construcción colaborativa y el co-diseño con las comunidades locales. Las estrategias pedagógicas propuestas en talleres, cursos y pasantías, facilitan la socialización de conocimientos y fortalecen la autonomía de quienes participan. Se producen y difunden cartillas infográficas y didácticas para guiar los procesos constructivos y consolidar el aprendizaje. El enfoque pedagógico integra la práctica y la teoría, basándose en la educación popular y la vinculación tecnológica para permitir que quienes se involucran compartan y adquieran nuevos conocimientos. Los resultados muestran una mayor participación y una aprehensión de los conocimientos por parte de la comunidad, lo que se traduce en un impacto auténtico en la inclusión social y el desarrollo de un hábitat sustentable. Además, el proyecto ha facilitado la creación de alianzas estratégicas y ha sentado las bases para la sistematización y escalabilidad futura de la metodología.

INTRODUCCIÓN

Las situaciones de precariedad habitacional en áreas urbanas presentan un desafío complejo, demandando respuestas integrales y sostenibles (Alvez, 2021; Recalde, 2015). La cuenca Casavalle es de las áreas con mayor conflictividad socioterritorial de la ciudad de Montevideo. Ante esto, se requiere un enfoque que aborde las dimensiones materiales, sociales y ambientales del problema habitacional. La Universidad de la República (Udelar), junto a actores locales, asume el desafío político y estratégico al mejorar viviendas en la periferia de Montevideo, especialmente en la cuenca Casavalle. Este proyecto promueve las construcciones sustentables con materiales locales como tierra cruda, bambú, fibras naturales y madera, involucrando a la comunidad académica y organizaciones sociales de base barrial.

Bio Casa Vá se enmarca en la articulación entre el colectivo de vecinas y vecinos de la Huerta Comunitaria de Casavalle, los espacios académicos del Programa Prácticas en Territorio: *FADU en Casavalle*, el Consultorio de atención a la vivienda y hábitat en la emergencia (Cavhe) de la Udelar y el equipo de Investigación de arquitectura con tierra del Instituto de Tecnologías de la FADU. El proceso inició en 2020, su alcance comprende desde la construcción de la demanda hasta la realización de proyectos ejecutivos, incluyendo planificación de obra hasta encuentros de ejecución. La propuesta valida y visibiliza tecnologías constructivas con materiales naturales

de fácil acceso y baja huella ecológica en la producción de vivienda social. Facilita la apropiación de estas tecnologías por parte de la comunidad, iniciando con el asesoramiento de dos viviendas (Fig. 1), las cuales manifestaron interés en trabajar con materiales naturales y abrir su proceso de autoconstrucción como espacio de aprendizaje comunitario y académico. Este compromiso ha evolucionado hasta establecer interacciones e intercambios con los centros educativos de referencia en la zona, expandiendo significativamente el alcance a quienes se involucran.

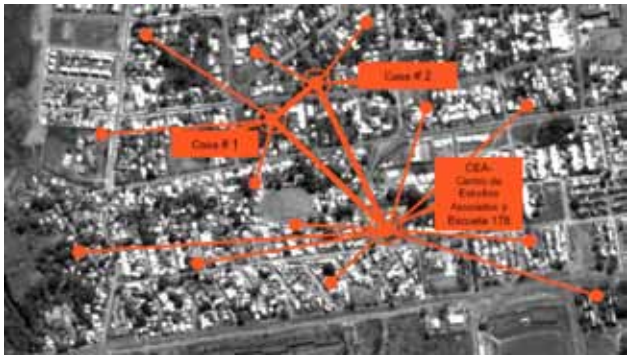


Figura 1. Intervención territorial de la práctica.
© Elaboración propia.

1. CONTEXTOS

1.1 EL CONTEXTO GEOGRÁFICO Y EL AULA TERRITORIAL

La cuenca Casavalle es de las áreas con mayor conflictividad socioterritorial de la ciudad de Montevideo, donde se concentra gran parte de los asentamientos, problemáticas de hacinamiento, desempleo, informalidad laboral, y dificultades de acceso a servicios básicos, entre otras (Capandeguy, 2018). La misma se ubica en la zona norte de Montevideo, a 10 km de distancia del centro histórico, donde se localiza, entre otros servicios, la FADU. Mientras en el resto de la ciudad se habla de una población envejecida, en la zona se identifica una mayoría de población joven, que vive en condiciones precarias y que presenta fuertes problemáticas sociales (Intendencia de Montevideo, 2019).

En la complejidad socio-habitacional, surgen desafíos y oportunidades para nuevas formas de enseñanza y aprendizaje. Desde la Udelar se desafía a promover la apertura hacia la comunidad. La fragmentación territorial y sus dinámicas constituyen formas integrales de subjetividad. Los aspectos sociales, culturales, económicos y políticos se entrelazan en la producción de formas de ser mediante prácticas específicas. Diversos tipos de espacialidades configuran la subjetividad a través de la composición, descomposición y mediaciones (Pedrosian, 2012; De los Santos et al., 2022).

1.2 EL CONTEXTO ACADÉMICO E INSTITUCIONAL

El programa de prácticas en territorio (*FADU en Casavalle* - FenC) trabaja en construir confianza y motorizar procesos de construcción de demandas, que desde la cercanía a las comunidades, permiten entretejer problemáticas reales con la vida académica del servicio y de otros servicios universitarios. Durante este proceso dialógico se trabaja enfocados en articular las distintas carreras de grado del servicio, vincular diversidad de cursos curriculares, pasantías académicas y otros dispositivos pedagógicos. En 2020 irrumpe la pandemia y deja aún más visible la problemática en cuanto a la calidad de los espacios habitacionales y se abre la oportunidad de instalar en la FADU el Consultorio de atención a la vivienda y el hábitat en la emergencia (Cavhe). Inicialmente, el Cavhe se vinculó con el Programa Integral Metropolitano de la Udelar y en la actualidad se vincula también con el Programa Aprendizaje y Extensión de la Udelar y la Facultad de Psicología. El dispositivo articula con el equipo de Investigación de arquitectura con tierra del Instituto de Tecnologías (IT) de FADU[1].

En el proceso de desarrollo de Bio Casa Vá se han vinculado cientos de estudiantes universitarios, de educación técnica profesional IEC-UTU[2] y de educación secundaria provenientes de otras zonas de Montevideo, así como también decenas de docentes de Udelar, vecinas, vecinos a través de pasantías, cursos y prácticas –generalmente curricularizadas. Han participado también las brigadas solidarias *Aurelio Piccone* de la Agrupación de Funcionarios de las Usinas y Transmisiones Eléctricas del Estado (AUTE), la brigada solidaria *Agustín Pedroza* del Sindicato Único Nacional de la Construcción y Anexos (SUNCA) y la Red de Bioconstrucción del Uruguay. También se relaciona con la Intendencia de Montevideo (IM) a través de la entrega de canastas de materiales en el marco del plan de Apoyo Básico a la Ciudadanía (ABC), y canastas de materiales con Plan Juntos, el cual depende del Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial (MVOT).

2. ENFOQUES Y MÉTODOS

Desde un enfoque del "buen vivir" se busca atravesar las diversas estrategias desarrolladas. Esta visión propone una filosofía de desarrollo que trasciende el crecimiento económico, priorizando la armonía con la naturaleza, la equidad social y el respeto por la diversidad cultural. Desde esta perspectiva, la academia tiene un rol crucial en promover una ciudadanía activa y diversa que contribuya a la formulación de políticas públicas sostenibles, alentando el diálogo entre múltiples cosmovisiones y enfoques de vida para lograr un desarrollo más equitativo y respetuoso con el entorno (Gudynas, 2011).

1. Espacio de referencia académica sobre la tecnología constructiva con tierra.
2. Instituto de Enseñanza de la Construcción, Universidad del Trabajo del Uruguay.

Figura 2. Gráficos de difusión de convocatorias.
© Elaboración FADU en Casavalle.

Se utilizan metodologías activas, donde las y los docentes se enfocan en guiar procesos de aprendizaje, gestionar actividades (Fig. 2), tiempos, recursos, climas, equipos, espacios, diversificar las voces, en definitiva, diseñar "experiencias de aprendizaje que resulten significativas para los estudiantes" (Pérez Aguirre, 2023, p.105). Lo cual, promueve estudiantes activas y activos. Estas metodologías se asocian a *learning by doing* –aprender haciendo– donde se encuentra una diversidad de estrategias según las disciplinas que permiten desarrollar conceptos teóricos y pensamiento complejo a través de la experiencia vivencial. Estos métodos generan autonomía en las y los estudiantes y les permiten generar una actitud crítica frente a nuevos problemas de modo de discernir la problemática abordada (Pérez Aguirre, 2023; Pinos Medrano, 2015).

Por otro lado, se trabaja a partir del asesoramiento situado que se basa en el diálogo interactivo y la comprensión de los contextos específicos de las personas que buscan orientación. Es un eje fundamental del enfoque metodológico planteado. Busca promover la interacción entre los conocimientos de quienes consultan y la perspectiva de profesionales universitarios, como arquitectas y arquitectos, para ofrecer respuestas pertinentes a los problemas planteados. Este enfoque promueve la participación activa de sujetos en la búsqueda de soluciones a sus necesidades habitacionales, mientras que también implica un aprendizaje para profesionales universitarios al comprender las diferentes formas de habitar y evitar juzgar desde sus propios marcos culturales e ideológicos (Alves et al., 2021; Marzioni, 2012). Busca atender la idiosincrasia de la situación de asesoramiento y encontrar el apoyo teórico en marcos disciplinares múltiples y diferentes, que convergen en distintos puntos, para atender a los requerimientos de cada situación en particular, aprovechar conocimientos y reflexiones acerca de las propias prácticas de asesoramiento (Brovelli, 2000).

Se utiliza la metodología que plantea Iazana Guizzo (2021), en la cual favorece la apropiación, a través de jornadas de socialización y activación tecnológica. La familia acompaña el proceso de aprender haciendo –una ida y vuelta, con estudiantes y docentes–, y vuelca esas herramientas en el transcurso del proceso de obra. En cada encuentro, de cada jornada, la familia progresivamente se apropia, adapta técnicas y procedimientos a las condiciones de su terreno, con sus particularidades. La aprehensión en la ejecución de los procedimientos constructivos posibilita el involucramiento de las familias en la construcción, identificando su avance en cada etapa (Varin, 2023).

3. ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS

Las diversas estrategias pedagógicas abordadas en la propuesta involucran la participación de estudiantes, vecinas, vecinos y docentes, se basan en la premisa de enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje y el diálogo de saberes. Se toma como referencia el trabajo de Mingolla et al. (2011), quienes plantean el concepto obra-escuela, donde la relación entre la práctica y la teoría son fundamentales para la formación y perfeccionamiento de técnicas que habilitan un construir colectivo. Esto implica una relación más estrecha entre la ciencia y la sociedad para generar soluciones y aprendizajes basados en problemas.

La práctica se enfoca desde la extensión crítica, la concepción de la ecología de saberes (Santos, 2010) y desde la perspectiva de la educación popular (Freire, 2002), donde se entiende que todas las personas sabemos, todos aprendemos y todos enseñamos. Vale destacar el concepto de vinculación tecnológica (Boldrini et al., 2020), el cual incorpora la complementariedad de conocimientos y su retroalimentación entre quienes desarrollan una tecnología como sujetos activos. Se busca recuperar los saberes anidados en los distintos espacios para de-construirlos, resignificarlos y recrear nuevos conocimientos (Tommasino y Rodríguez, 2011). El proyecto se desarrolla a través de encuentros en centros educativos formales y no formales, así como en espacios de práctica comunitaria, (Huerta Comunitaria Casavalle, la escuela 178 y el Centro de Estudios Asociados).

Para dar continuidad al proceso, se implementan diversas estrategias destinadas a fortalecer la práctica. Se buscan líneas de financiamiento y se establece colaboración académica para enriquecer el proyecto. Se planifican acciones dentro del marco de convocatorias para actividades en el medio de la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio de la Udelar, lo que permite convocar e integrar a estudiantes en acción para acompañar los procesos en el territorio y dar sentido a las prácticas académicas. Esto conlleva la construcción de nuevos espacios pedagógicos de interacción con otras, con una capacidad crítica para la producción de conocimiento, abriendo así nuevas posibilidades de conexión con la tierra en un ámbito académico que tradicionalmente ofrece escasas oportunidades en esta área.

La estrategia de divulgación y relacionamiento en el barrio incluye el acercamiento a los centros educativos de referencia en la zona, donde se ha interactuado con ciento ochenta adolescentes de ciclo básico de secundaria y ochenta estudiantes de los últimos niveles de primaria. En este contexto, se han realizado talleres sobre el uso de la tierra como material de construcción, diseño y pintada de murales con pinturas naturales, y se ha invitado a estudiantes y sus familias a participar en los talleres de obra en las casas.

3.1 CONSULTORIO DE ATENCIÓN A LA VIVIENDA Y EL HÁBITAT EN LA EMERGENCIA 2020

Este dispositivo involucra la Enseñanza, la Extensión y la Investigación, articuladas en los territorios de actuación en la periferia montevideana. El Cavhe realiza asesoramiento situado en atención a las problemáticas vinculadas al hábitat y la vivienda, con la participación activa de actores sociales y sus redes barriales, tanto para materializar la respuesta a la problemática abordada como para generar procesos integrales más allá de la intervención concreta.

Los proyectos arquitectónicos son resultado del asesoramiento técnico de grupos operativos (constituidos por estudiantes de grado, posgrado, egresadas y egresados de la carrera Arquitectura, docentes referentes técnicas y docentes referentes territoriales) al colectivo de la Huerta comunitaria de Casavalle.

Se trabaja la construcción de la demanda (Fig. 3) en función de las necesidades de los grupos o familias. Se realizan encuentros periódicos para los cuales se producen piezas gráficas que permiten la socialización y el diálogo sobre posibles intervenciones y mejoras.

A través de intercambios de conocimiento, se debate la construcción de distintas tecnologías, considerando ventajas y desventajas, así como las condiciones climáticas, las capacidades y los recursos disponibles. Se acordó trabajar con la tecnología constructiva con madera y tierra, conocida en Uruguay como fajina o palo a pique, debido a su fácil apropiación por parte de la comunidad y su capacidad para involucrar a hombres, mujeres, niñas y niños en el proceso.

La tecnología constructiva con madera y tierra utiliza una estructura maestra con madera (bastidores de pino nacional tratado con CCA) y una estructura auxiliar de bambú, aprovechando el cultivo silvestre de la zona. Los materiales necesarios, como la madera, la tierra arcillosa y el cemento –para las cimentaciones–, se obtuvieron a través de programas públicos y financiaciones a proyectos universitarios, facilitando su acceso a la comunidad.

3.2 PASANTÍA BÍO CASA VÁ + ESPACIO DE FORMACIÓN INTEGRAL: TIERRA Y HÁBITAT

El proceso de construcción se enriqueció con actividades pedagógicas que incluyeron la creación de cartillas infográficas. Estas cartillas, elaboradas por estudiantes de arquitectura como parte de actividades académicas, se convirtieron en una guía esencial para los diversos procesos constructivos y el progreso de las obras. Su diseño cuidadoso y su enfoque didáctico facilitaron la ejecución de los proyectos en curso, y sentaron las bases para la replicabilidad de la tecnología en el barrio, promoviendo la sostenibilidad y el crecimiento de la comunidad hacia el futuro.

Se estableció una colaboración con una cantera para adquirir arcilla y con una cooperativa para obtener fibra de descarte en su producción de paneles de fibra de trigo prensada. Además, se propuso la utilización de bloques de tierra alivianada con fibra de trigo (BTA) para la aislación térmica del techo, las cuales se produjeron en el marco de un intercambio territorial en el festival Modelo Abierto[3]. Admitiendo su prefabricación artesanal y contribuyendo así a la eficiencia energética de las viviendas.

El Espacio de Formación Integral[4] (EFI), permite consolidar un marco académico al que se nuclean prácticas y actividades de enseñanza, investigación y extensión. En este sentido, su permanencia en el tiempo posibilitó la continuidad en el proceso de estudiantes de arquitectura y pobladores de la comunidad local, desde la etapa inicial, trascendiendo de estudiantes a colaboradores y docentes de las propias prácticas hoy en desarrollo.

Trayectos transitados por estudiantes:

- Talleres de profundización tecnológica (componente teórico), donde se trabajaron conocimientos teóricos introductorios acerca de tecnologías constructivas con tierra, desempeño de materiales y procedimientos. Se realizaron

3. Modelo Abierto es un festival organizado por FADU. La producción de BTA se articuló con la Asesoría de Desarrollo Municipal y Participación –Unidad Equipo Técnico de Gestión–, en el marco del Plan ABC de la Intendencia de Montevideo y su propuesta de trabajo protegido

4. Llamado de autoidentificación a EFI, FADU 2022.

Figura 3. Encuentros y esquemas, producción de estudiantes en el marco del congreso Arquisur 2022.

Figura 4. Cartilla de fajina y código QR de LinkTree Bio Casa Vá.

© Elaboración propia.

conversatorios programados con invitados especialistas internacionales[5] acerca de las temáticas a abordar.

- Jornadas en territorio (componente práctico), donde se fomentó el diálogo continuo sobre las propuestas planificadas con el colectivo a partir del acompañamiento y gestión de las jornadas constructivas prácticas. Se realizaron actividades en la Escuela n.º 178 de Casavalle en intercambio con estudiantes de 5º año.
- Se desarrollaron guías prácticas de procedimientos para cada etapa que promueven la autonomía de la comunidad. Las cartillas[6] elaboradas (Fig. 4) en estas instancias se corresponden con los siguientes procedimientos: Cimentación, Bastidores, Fajina, Bloques de Tierra Alivianada, Cubierta y Revoques.

5. Frédérique Jonnard (Fr) realizó una conferencia sobre revoques y terminaciones, mientras que
Fernando Cardoso (Br) realizó una conferencia sobre pinturas con arcillas.

6. https://linktr.ee/BioCasaVa?utm_source=qr_code

3.4 ARQUISUR[7]: HABITAR LA TIERRA Y DIBUJAR CON TIERRA

En 2022 la práctica[8] obtuvo el primer premio (Fig. 5) en el XXV Congreso Arquisur Diálogos Epistemológicos en América Latina, en la categoría A Extensión: educación en arquitectura y urbanismo, trabajos que incorporan el vínculo con la comunidad y se desarrollan en el marco de actividades curriculares durante un lapso acotado dentro del ciclo académico. En este, se evaluó que la metodología, las técnicas empleadas, la sistematización y divulgación de los resultados se diferencian en términos de calidad. Los planteamientos técnico-constructivos son eficientes y las estrategias bioclimáticas suponen incremento real en la calidad ambiental de lo construido (Arquisur, 2022).

7. Asociación de Facultades y Escuelas de Arquitectura de Universidades Públicas de América del Sur.

8. «BIO CASA VÁ. Aportes para una socialización tecnológica con técnicas constructivas que utilizan materiales naturales en Casavalle» - Jessica Mesones, Claudia Varín, Belén Vila, Victoria García, Erika Krajci, Gabriela Vázquez, Bruno Palumbo

Figura 5. XXV Congreso Arquisur, 2022. 1er premio Categoría A, Extensión.
© Elaboración propia.

Figura 6. Prácticas en el marco del congreso Arquisur.
© Elaboración propia.

En 2023, el Congreso se realizó en Uruguay y desde el Grupo Permanente de Extensión de Arquisur 2023 y el equipo de FenC se coordinaron las prácticas en territorio. En estas se invitó a las y los participantes a desarrollar prácticas constructivas para acompañar procesos en movimiento que han logrado transformar tanto las estrategias pedagógicas como las realidades en las que se involucra.

Se proponen, en este sentido, distintas actividades centradas en dos nodos dentro del mismo territorio de Casavalle: Nodo 1: Minga - Habitar la tierra. y Nodo 2: Mural- Dibujar con tierra (Fig. 6).

3.5 SÍNTESIS DE LAS INTERACCIONES REALIZADAS

En la Figura 7 se muestra el proceso realizado en la vivienda de Mary (vivienda 1) y algunas actividades desarrolladas en la vivienda de Silvana (vivienda 2) que reflejan las diversas instancias de intercambio generadas en estos cinco años. A continuación, en la Figura 8 se presenta una síntesis de cada una de las estrategias y procesos pedagógicos desarrollados previamente.

Figura 7. Proceso de construcción en la casa de Mary y Silvana.

© Varin, 2023.

Síntesis de las estrategias pedagógicas desarrolladas en Bio Casa Vá

	Año	Actividad Académica	Organizaciones e instituciones vinculadas	Estudiantes/ docentes/ egresades
A	2020	Asesoramiento técnico y co-diseño.	Consultorio de Atención a la vivienda y el hábitat en la emergencia (Udelar)	8 /5/ 4
B	2021	Jornadas de acercamiento y capacitación inicial a técnicas constructivas con materiales naturales en Casavalle	FADU en Casavalle Actividad en el medio Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM)	
B	2021	Pasantía # 1 BIO CASA VÁ	FADU en Casavalle	15/4
C	2021	Prácticas de Obra	Curso Diseño de Arquitectura con Tierra	20/4/2
D	2022	MODELO ABIERTO Fabriquita de BTA	FADU en Casavalle Instituto de Tecnologías Intendencia de Montevideo.	5/ 5
E	2022	Prácticas de Obra	Curso Diseño de Arquitectura con Tierra	20/4
	2022	Pasantía # 2 BIO CASA VÁ	FADU en Casavalle	4/5/2
F	2022	Seminario Tierra en Casavalle.	FADU en Casavalle Instituto de Tecnologías EFI Tierra y Hábitat	4/3/2
G	2023	Prácticas Arquisur	FADU en Casavalle	120/ 5
	2023	Recorrida didáctica por obras de tierra. Maldonado.	Curso Diseño de Arquitectura con Tierra	7 vecines 3 docentes 34 Estudiantes
H	2024	Prácticas Curriculares de Extensión	FADU en Casavalle	8/2

Figura 8. En la tabla se identifican cursos, talleres e intercambios realizados y la población involucrada.

4. DISCUSIÓN

4.1 AUTOCONSTRUCCIÓN Y SUSTENTABILIDAD

Desde una perspectiva sociológica y ambiental, el equipo comparte la mirada que profundiza Enrique Leff (1994). Donde identifica la multicausalidad y la interdependencia que mantienen los procesos de orden natural y social para desenlazar transformaciones socioambientales que devengan en objetivos de sustentabilidad. El pensamiento complejo se instala desde las diversas disciplinas que son necesarias para abordar estos problemas socioambientales. En este sentido

> *Las transformaciones ambientales futuras dependerán de la inercia o transformación de un conjunto de procesos sociales que determinarán las formas de apropiación de la naturaleza y sus transformaciones tecnológicas a través de la participación social en la gestión de sus recursos ambientales.* (Leff 1986a en Leff 1994, p.2)

La transformación del ambiente para la creación del hábitat, deberá ser parte de una serie de interacciones entre la comunidad, los recursos disponibles y los modos de producción. Desde los años 90, y con énfasis renovado recientemente, se ha impulsado la autoconstrucción asistida con materiales naturales, destacando su calidad medioambiental e integración de prácticas constructivas ancestrales (Etchebarne y Ruétalo, 2015). La utilización de materiales naturales, es esencial en la búsqueda de la apropiación, la conexión cultural y sus saberes asociados.

La autoconstrucción con tierra, madera y fibras naturales, adquiere relevancia a la hora de resolver el acceso a un espacio habitable o mejorar las condiciones de un espacio construido. El alto nivel de involucramiento y participación de quienes autoconstruyen, debido principalmente a la relativa facilidad de su manipulación y de aprehensión que tienen estas tecnologías, son adecuadas en un país como Uruguay con una profunda cultura de la autoconstrucción (Mesones et al. 2022). El adecuado asesoramiento a familias que autoconstruyen mejora el desempeño de la vivienda y la vida en comunidad (Risso y Boronat, 1992). De tal modo, su apropiación genera autonomía al momento de construir la vivienda, ampliarla y mantenerla.

Así mismo, el contexto sociocultural supone desafíos para el acceso a recursos y tiempos para la ejecución, lo que en muchos casos obstaculiza y dificulta la continuidad de los procesos, es en estos casos en donde se hace necesaria la incorporación de nuevos modelos de gestión para la producción social del hábitat sustentable promovido por el estado.

En el desarrollo de la práctica y sus procesos se entiende que la incorporación de metodologías participativas –para abordar situaciones de precariedad habitacional– son posibles de implementar en otros escenarios. En este sentido, la pregunta es si depende de la voluntad política del gobierno central y/o desde la generación de comunidad y apropiación de las localidades. Probablemente, ambos son necesarios. Tanto la voluntad política para la generación de lineamientos generales que propicien y habiliten los espacios de intercambio con las comunidades locales como la propia autogestión de quienes habitan las comunidades.

4.2 LA APROPIACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA CON MADERA Y TIERRA

Se identificó que la tecnología constructiva con madera y tierra es la más utilizada por personas que eligen autoconstruir su vivienda con materiales naturales. Su motivo es la facilidad de aprehensión, la sencillez de montaje y la disminución de tiempos de obra (Varin, 2023).

En la actualidad, las viviendas están habitadas (Fig. 8), aun así sirven como espacio para prácticas relacionadas con la etapa de terminaciones como revoques y pintura. Sin embargo, los espacios habitacionales aún no son suficientes, lo que abre la posibilidad a nuevas exploraciones proyectuales para su mejora y ampliación, dada la cantidad de personas que las habitan y las habilidades adquiridas por quienes residen.

Además, se promueve la movilidad y la participación del colectivo vecinal en eventos de difusión del proyecto en ámbitos académicos y administrativos, reconociéndose como actores protagonistas del proceso. Esto ha profundizado el intercambio más allá del ámbito productivo proyectual.

La construcción de comunidad se proyecta a través de la vinculación tecnológica en otros posibles territorios desde la apropiación del trabajo en conjunto hacia la búsqueda de la autonomía, con apoyo de material didáctico –en este caso, las cartillas.

Como estrategia se pueden mapear diversos escenarios de oportunidad para aplicar este tipo de metodología, zonas a fortalecer, que aún construyen con tierra, lugares que tienen acceso a los materiales, personas que tienen la voluntad de autoconstruir y nuevas generaciones de hábitat.

Luego de una modificación normativa que promueve la forestación, el país se encuentra con abundancia de productos derivados de la madera para pensar el uso de esta para la construcción. Es así, que en estos últimos cinco años se observa un interés creciente por la arquitectura en madera, presentada como construcción sustentable, y el estado se encuentra impulsando diversos lineamientos para viabilizar su uso. Este interés reciente se aprecia como oportunidad para promover la construcción con tierra como solución habitacional.

4.3 CANASTA DE MATERIALES BRINDADAS POR EL ESTADO Y MATERIALES NATURALES

> *Si el gobierno cambiara su actitud ante la vivienda, si recordara que una casa es el símbolo visible de la identidad de una familia, su posesión material más importante y el testigo duradero de su existencia, que su falta es una de las causas más potentes del descontento civil y su posesión una de las garantías más efectivas para la estabilidad social, entendería que no hay nada que suponga mayor esfuerzo, consideración, cuidado, tiempo y trabajo que la construcción de una casa en la que vivir. Reconocerá que uno de los mayores servicios que un gobierno puede prestar a su pueblo es ofrecer a cada familia la posibilidad de construir su propia casa, decidir sus características en cada fase y sentir que una vez terminada sea la expresión real de su personalidad.* (Fathy 1973/2021, p. 67)

La gran dificultad en este proceso aún son los mecanismos de acceso a los materiales, ya que en las canastas ofrecidas por el estado no se encuentra disponible el material *tierra arcillosa* ni *madera tratada*. Sin embargo, las dificultades han sido obstáculos que con gran esfuerzo se han logrado subsanar para lograr los objetivos.

El acceso a la vivienda es un derecho universal de la población y una obligación del estado. Las políticas públicas no son suficientes para cubrirlo. Es necesario construir voluntad política para que las condiciones de acceso a la vivienda y sus modelos de gestión alternativos se vuelvan accesibles.

Se hace urgente la incorporación masiva de estas tecnologías constructivas, enfoques epistemológicos y metodológicos en los procesos de producción social del hábitat sustentable.

5. CONCLUSIONES

Las concepciones vinculadas al buen vivir y la permacultura, se presentan como la alternativa al modelo de desarrollo hegemónico y proponen un camino posible para la emancipación en diversas escalas.

Luego de cinco años de prácticas asociadas a la línea de trabajo desarrollada, se realizaron más de 30 encuentros donde se involucraron más de 100 estudiantes, decenas de docentes, vecinas y vecinos que permitieron reflexionar sobre la importancia y la pertinencia de las estrategias pedagógicas y las metodologías utilizadas. En este sentido, las tecnologías constructivas con materiales naturales representan una solución integral y sostenible para el desafío del acceso a viviendas dignas, ofreciendo beneficios económicos, ambientales y culturales significativos. Este proyecto ha demostrado la efectividad de estas tecnologías al integrarlas en procesos participativos de vinculación tecnológica y autoconstrucción con la universidad y la comunidad local.

La transdisciplinariedad del enfoque utilizado, que integra diversas funciones universitarias en los territorios de intervención, ha sido clave para el éxito del proyecto. Esta integración refleja la solidez del mismo, respaldada por la experiencia acumulada y la relación de confianza establecida con las y los residentes locales a lo largo del tiempo compartido en la comunidad.

La diversidad de herramientas utilizadas para el abordaje de las diferentes etapas, da cuenta de la complejidad del contexto, el relacionamiento con el medio y las relaciones sociales que se entretejen. En este sentido, las prácticas pedagógicas adquieren sentido y relevancia cuando la vinculación tecnológica se hace presente y tanto las familias como el equipo docente y estudiantil adquieren conocimientos nuevos y una reflexión crítica durante el proceso.

Los hallazgos y contribuciones del proyecto resaltan la importancia de la dimensión temporal como un dispositivo de formación integral que ha sido fundamental para la divulgación y anclaje territorial de la temática. Las actividades académicas vinculadas a las prácticas en territorio y la retroalimentación de experiencias regionales aportan a las mejoras continuas de las experiencias. La continuidad, avance y escalabilidad de la metodología se proponen mediante la búsqueda de nuevos espacios de oportunidad y articulación de diversos actores (gubernamentales, municipales, locales).

Se destaca el compromiso ético de integrar estas tecnologías constructivas en el abanico de posibilidades para la producción social del hábitat. Se enfatiza la responsabilidad y el rol de la universidad en la producción de conocimientos para reconocer la validez de estas tecnologías como opciones viables durante el proceso de asesoramiento, reconociendo su contribución al desarrollo comunitario y la importancia de su inclusión en políticas públicas y estrategias de intervención urbana.

Nuevos modelos de gestión se hacen urgentes para mejorar y potenciar procesos de producción del hábitat sustentables y facilitar el acceso a los derechos desde un enriquecimiento tecnológico, social, cultural y ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Alves, J.; Anzalone, L., De los Santos, J., Esteves, V., Lombardo, C., Mesones, J., Pérez, M., Varin, C. (2021). "Interpelar la emergencia habitacional permanente: praxis del consultorio de atención a la vivienda y el hábitat". En *Territorio e integralidad: experimentando lo común*, PIM-UdelaR. 64-80

Arquisur (2022). *Evaluación del jurado*. Recuperado de https://drive.google.com/drive/folders/1UtAFyzH7x4TD2Yw9Hncur66kmKFu_JiF

Boldrini, P; Malizia, M. y Rolón, G. (2020). "Producción participativa del hábitat: una herramienta para la construcción del territorio y del conocimiento". *Cuaderno urbano. Espacio, Cultura, Sociedad*, 28(28), 131-152.

Brovelli, M. (2000). *Asesoramiento en educación: el asesoramiento curricular. Fundamentos en humanidades*, 1(1).

Capandeguy, D. (2018, 12 de noviembre). "La oferta de espacios públicos en Montevideo está envejecida". *El Observador.*

Intendencia de Montevideo (2019). *Plan Cuenca Casavalle*. Recuperado de https://municipiod. montevideo. gub. uy/programas/plan-cuenca-casavalle.

De los Santos, J., Ibarzabal, E., Mesones, J., Praderio, L., Varin, C., Buttler, L (2022). *FADU en Casavalle Informe de actuación 2019-2021. In Extenso Herramientas y propuestas para el desarrollo de prácticas integrales desde la extensión crític*a. FADU-Udelar. 162-189

Fathy, H. (2021) *Arquitectura para los pobres. Un experimento en el Egipto rural*. Ediciones asimétricas (Obra original publicada en 1973).

Freire, P. (2002). *Pedagogía de la esperanza*. Siglo XXI.

Gudynas, E. (2011). *Buen vivir: Germinando alternativas al desarrollo*. América Latina en movimiento, 462, 1-20.

Guizzo, I. (2019). *Reactivar territórios. O corpo e o afeto na questão do projeto participativo*. Belo Horizonte: Quintal edições.

Marzioni, G. (2012). "Mejoramiento del hábitat desde la educación popular". *Cuaderno Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad*, 13 (13), pp. 91-111.

Mingolla G.; Taulamet, L.; Galanti, G.; González, A. (22-25 de noviembre de 2011). "Participación de entidades públicas y privadas en proceso de formación en modalidad "Obra Escuela". Proyecto Receptor Turístico". *Memorias del Coloquio Internacional de Arquitectura Regional y Sustentable*, Oaxaca, México.

Pedrosian, E. (2011). "Crear, aprender y compartir: apuntes epistemológicos sobre la integralidad". En : Tommasino H., Rodríguez N., Sutz J., Álvarez Pedrosian, E., Romano, A. *En Integralidad : tensiones y perspectivas. Cuadernos de Extensión* - N° 1. Montevideo : SCEAM-UdelaR.

Pérez Aguirre, R. (2023). "Metodologías activas de enseñanza para potenciar la construcción de competencias". En : MariaIsabel Achar (coord.) *Mejorar la enseñanza. Fortalecer la formación y el desempeño de los docentes*, Montevideo: Universidad Católica del Uruguay, pp.99-112.

Pinos Medrano, H. A. (2015). "Uso del método de aprendizaje basado en proyectos (ABP), para la carrera de Arquitectura". *Revista Universidad y Sociedad* [seriada en línea], 7 (3). pp. 112-116. Recuperado de http://rus.ucf.edu.cu/

Recalde Rostán, S. (2015). "Precariedad concentrada y dispersa / áreas excluidas e islas de precariedad: el caso de Montevideo". En : *Proyección*, No. 19, p.153-179..

Risso, M.; Boronat, Y. (1992). L*a vivienda de interés social en el Uruguay 1970-1983*. Fundación de Cultura Universitaria.

Sousa Santos, B. (2010). *Descolonizar el saber. Reinventar el poder.* Montevideo : Trilce.

Tommasino, H., y Rodríguez, Nå. (2011). "Tres tesis básicas sobre extensión y prácticas integrales en la Universidad de la República". *Integralidad: tensiones y perspectivas*, 19, 19-40.

Varin, C. (2023). *Palo a pique y fajina: tecnología constructiva con madera y tierra en Uruguay. Su aplicación en viviendas financiadas por el Estado ejecutadas por autoconstrucción.* [Tesis de maestría]. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de la República. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/45793

NOTAS BIOGRÁFICAS DE LOS AUTORES

Jessica MESONES Arquitecta (FADU, Udelar, 2018). Maestranda en Manejo costero Integrado. Docente del programa Prácticas en Territorio, del Consultorio de Vivienda y Hábitat y del curso Diseño de Arquitectura con Tierra FADU, Udelar. Integrante de la Red de Bioconstrucción del Uruguay.

Claudia VARIN Arquitecta (FARQ, Udelar, 2014). Magíster en Arquitectura área tecnológica (FADU, Udelar, 2023). Doctoranda en Arquitectura, Universidad Nacional de Córdoba (Ar). Docente FADU, Udelar. Integrante de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Gabriela VAZQUEZ Arquitecta (FADU, Udelar, 2018). Docente ayudante en investigación y extensión del equipo de Tecnología de Tierra. Integrante de la Red de Bioconstrucción del Uruguay.

Bruno PALUMBO Arquitecto (FADU, Udelar, 2018). Docente ayudante en extensión del equipo de Tecnología de Tierra. Integrante de la Red de Bioconstrucción del Uruguay.

Tiago MACHAIN Estudiante avanzado de Arquitectura (FADU, Udelar). Ayudante en el Instituto de Tecnologías, Departamento de Ambiente Construido, Área de Clima y Confort. Docente de Acondicionamiento Natural y Sustentabilidad, en la carrera de Arquitectura.

A COLLABORATIVE APPROACH TO EARTHEN TECHNIQUES. MOVING BEYOND TRAINING FROM ETHNOGRAPHIC EXPERIENCES WITH LOCAL COMMUNITIES IN NORTHERN ARGENTINA.

Jorge TOMASI, CONICET | Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra, Instituto de Investigaciones sobre la Naturaleza y la Sociedad "Rodolfo Kusch", Universidad Nacional de Jujuy (jorgetomasi@hotmail.com)

SUMMARY

The discussion of disciplinary roles within architectural practice has been present in the field of earthen construction studies since its very origins in the 1960-1970s. These same interests were also present in other fields such as those of participatory architecture and critical pedagogies. The question of what our professional role is when working with different social collectives, and the way in which asymmetrical power relations continue to be affirmed, remains open and requires a conceptual and methodological reflection.

This paper attempts a critical reflection on these questions and on the broader field of participatory/collaborative methodologies based on the analysis of a set of experiences developed in recent years with more than a dozen communities in the north of Argentina, evaluating the possibilities and limitations of the pedagogical tools in the formative processes. This theoretical and methodological reflection is based on the most recent contributions of the Anthropology of Architecture, the French traditions of Anthropology of Technique and the Latin American experiences deployed from the Critical Pedagogies. Rather than arriving at definitive conclusions, this article tries to establish a field of reflection for action, based on the revision of our practices. An action that could allow us to overcome the established disciplinary roles, building more egalitarian and plural formative relationships.

INTRODUCTION

Construction has historically been a fertile field for the development of collective actions. Invariably, the materialisation of a building requires the articulated work of people with different experiences and capacities, coordinated with a common objective. If this is valid for construction in general, the universe of earthen building cultures offers a particularly relevant field for investigating the collective dimension of making. Different studies have shown the multiple instances of collaboration between different actors on a domestic or community scale and the way in which the different networks and alliances that are activated and multiplied in practice operate (Marchand, 2009).

This same sense of the collective around which techniques have been modelled and are modelled over time, raises a series of questions in relation to the action of academic and disciplinary specialists (Hamdi, 1991). These questions are related to the way in which they are inserted into these collective dynamics and their logics of reproduction, transmission, and transformation of ways of making. Disciplinary membership itself implies a conception of making, of techniques and relationships, even ontologies, which are traversed by asymmetrical power relations with local actors.

These debates about the professional role in architecture and technology have been at centre stage since at least the mid-twentieth century, in a scenario that has not been alien to

the field of earth building studies, and they continue to have an important vitality. Enquiries and experimentations have unfolded at the crossroads of the traditions of pedagogy, anarchism, appropriate technologies, among many others. This transdisciplinary richness established the basis for possible collaborative approaches and critical analysis.

This article seeks to discuss different experiences developed, as part of a research group, with different communities and social organisations in the province of Jujuy, in northern Argentina. These experiences, which include the production of new architectures and the conservation of earthen historic buildings, have had in common the exploration of alternative forms of academic action in local contexts from approaches related to ethnography. Although they are not covered in detail, each of them allows us to recognise the possibilities and limitations of the activities developed, the complexities associated to the professional conceptions themselves and the way in which the historical debates on the subject continue to be relevant. In order to achieve these objectives, the first part of this paper proposes a synthetic overview of two parallel trajectories: on the one hand, those related to participatory architecture and, on the other, the formation of the field of earthen building studies. As will be seen, both trajectories, although not necessarily explicitly connected, were contemporary and shared a set of interests related to a change in the academic and disciplinary dynamics. The second part concentrates on our field experiences, with critical interpretation. This involves considering the risks of romanticisation, the complex place of disciplinary knowledge and, finally, the methodological challenges that arise in terms of the construction of truly participatory processes.

1. ON COLLABORATION

1.1. DISCUSSIONS ON PROFESSIONAL ACTION

The second half of the twentieth century was a prolific time for disciplinary discussions in the field of architecture. From different perspectives, profound questions were raised regarding the role of architecture in society and, together with this, the roles of professionals in the processes of habitat production. Beyond the unavoidable role of certain professionals, such as John FC Turner[1], it was a broader debate that implied a questioning of a conception of society, at least a Western one. Anarchist perspectives, with their variations, promoted a strong critique of rationalism, consumption and the massiveness of the prevailing capitalism, which led to social alienation (Ward, 1976).

1. John Francis Charlewood Turner (1927-2023) was an English architect who, after a work experience in Peru, was greatly stimulated by the collective production of habitat in popular settlements. Based on this, he developed an intense and diverse career closely linked to the discussion of centralized construction processes based on disciplinary practices. He published multiple studies on the subject, highly influential, among which the classic book "Housing by People" (1976) stands out.

Centralised structures in the production of habitat were not only seen as a constraint to the construction of adequate housing for people's living purposes, but also to their forms of organisation and capacities to generate their own responses (Turner, 1976). At this point, discussions would focus both on the role of states as providers, and their centralised approaches that impose their housing responses (Turner, 1976), and on designers, who were more concerned with aesthetic disciplinary debates than with people's well-being (Ward, 1976). The value given to local forms of organisation and self-determination and self-help implied, on the other hand, an exacerbation of individual possibilities and a lack of definition of the role of both the state in guaranteeing rights and of professionals in the design process. In a way, what was left out of the discussion were the structural conditions that generate asymmetries, both local and global, favouring, not coincidentally, the action of non-governmental organisations and multilateral credit agencies such as the World Bank.

In this debates, so-called vernacular architectures around the world would play a central role as testimony to other possible forms of production. Not coincidentally, Turner's work would be influenced by his activity in different settlements in Peru since the late 1950s, together with William Mangin and Eduardo Neira (Kozak, 2016). Similarly, Rudosfky's (1964) record of those "Architectures without Architects", as well as the dialogue with the work of Paul Oliver, would be recurrent in the different authors. Vernacular architectures were constituted as a "reservoir of vitality", or the "roots of genuine architecture" (Hamdi, 1991). The vernacular offered the opportunity to renew the alienation of architectural production in the big cities. It is worth asking about the limits of these valorative processes and the way in which they affirmed the same interpretative and practical asymmetries. In other words, the understanding of other social realities, for our own purposes.

In any case, the experiences of these diverse authors implied a valuable approach to other forms of architectural practice, centred on cooperative forms of organisation, closely linked to the proposals of Kropotkin[2] (1902) and his work "Mutual Aid", and the possibilities of collaborative work between diverse actors. The revision of the formative processes in this collaboration would be strongly influenced by the thought of Ivan Illich[3], and the Brazilian pedagogue Paulo Freire[4] (1968), particularly considered by Colin Ward[5]. The formative here

2. Pyotr Kropotkin (1842-1921) was a Russian geographer and thinker, of anarchist orientation, who worked on the development of decentralized forms of collective organization, around the idea of mutual aid. With this title he published in 1902 his most widely reproduced book.

3. Ivan Illich (1926-2002) was an Austrian thinker and educator recognized for his proposals for new, non-vertical educational processes.

4. Paulo Freire (1921-1997) was a Brazilian pedagogue, world renowned in relation to critical pedagogy, and the view of education as an emancipatory tool for the people, reflected in multiple publications, among which "Pedagogy of the Oppressed" (1968) is probably the most cited.

5. Colin Ward (1924-2010) was an English architect and writer, one of the leading world referents of anarchist thought, with different texts focused on the problem of housing and the popular logics of production.

emerges as a tool for building autonomy for grassroots communities and for contesting the oppressive structures present in the educational processes themselves. In this framework, the dissolution of the absolute boundaries between knowledge bearers and knowledge givers, in pursuit of a symmetrical, non-vertical practice, is constituted as a starting point for new forms of collective knowledge construction, valid for disciplinary action in the field of earthen building technologies.

1.2. THE TECHNICAL FIELD

The knowledge and application of earthen building technologies would have a place in these discussions, both because of their possibilities for habitat production and because of the collective dynamics associated with making. Around the 1970s, the Appropriate Technology Movement, based on the work of Schumacher[6] (1973), very influential on Turner, would advocate the adoption of low complexity technologies, with local and low-cost materials as an alternative in the processes of habitat production. More than a merely economic discussion, the debate was centred, once again, on the construction of autonomy in local communities and the critique of the technological fetishism associated with capitalism. The construction of autonomy would be very present, in fact, in Schumacher's explicit critique of the processes of technological transfer.

At the same time, although not necessarily directly linked, different research centres began to look at other possible ways of thinking earthen building technologies for habitat production. Among these, the CINVA founded in Colombia around the 1950s, FUNDASAL in El Salvador in 1968, CRAterre in France in 1979 or Auroville in India in the 1980s, among many others. Beyond the specific initiatives that motivated each of these spaces, it is interesting to be able to recognise a broader framework of disciplinary explorations on the place of technologies and local knowledge and practices.

Beyond later criticisms of this movement and its actions, the contribution can be seen in its non-neutral understanding of technology, but rather in its constitution as a political and social fact. The social condition of technology has been at the centre of social science enquiries into the understanding of how the technical is social (Dietler and Herbich, 1998), and implies recognition of the networks of relationships between artefacts, materials, and processes, but also forms of social organisation and conceptions of the world (Winner, 1998), which transcend mere ideas of efficiency or efficacy. Technological choices, in effect, are mediated by social representations (Lemonnier, 1992), and are thus traversed by the asymmetries of the power relations in which we professionals participate.

6. Ernst Friedrich Schumacher (1911-1977) was a German economist, recognized for his proposals on the development of small-scale technologies based on local capabilities, as reflected in his best known book "Small is beautiful" (1973).

Understanding the technological in the framework of building cultures offers the possibility of inscribing it in broader and more complex, historically constituted wefts that cross multiple dimensions of social life (Tomasi et al., 2020). This possibility, at the same time, calls for caution when providing partial technical answers, which may have implications in fields that are often unpredictable without the construction of long-term relationships. Similarly, it is worth questioning how, on the basis of valuing local practices and techniques, relations of coloniality may be constituted in formative processes, with new methodologies that are in fact replicating existing vertical disciplinary structures.

2. FIELD EXPERIENCES

The formative processes involved in the cases considered in this article emerged from previous long-term research processes in the region based on an ethnographic approach. This implies that, in different ways, they were traversed by an intersubjective process of knowledge construction, rather than linear relationships between the different actors involved. That intersubjective experience implies, in Clifford's terms, "a constructive negotiation involving at least two, and usually more, conscious and politically significant subjects" (1995 [1983]:74). In that negotiation, formative processes have the potential to be bilateral, mutually transformative, which does not imply denying the existence of differential relative positions. On the contrary, it requires a reflection on the conditions in which practices unfold.

On the basis of this previous work, in recent years, different projects have been developed based on the will to concretely act in the territory through articulated work with different communities and organisations, four of which are worth mentioning here. Two of these actions were connected to the development of participatory design processes and subsequent construction of a housing prototype in the community of Rinconada (Tomasi and Barada, 2023), in the highlands of the province of Jujuy, and to the construction of a peasant house [Casa Campesina], a collective space, with the Organización Campesina de Los Perilagos in the lowlands (Barada et al., 2023). In both cases, with their nuances, through a set of workshops developed in extensive processes, the architectural projects and the earthen technologies to be used were outlined, involving the actual construction of the buildings.
Although in both cases the focus of the collaborative work was on a community scale, the architectural project involved had different scopes. While in the case of Rinconada the collective exchange involved domestic dynamics, that is, thinking from the families, the project in Los Perilagos appealed to the conformation of an organization, its pursuits and practices. The project in Rinconada was the first one developed as a team within the participatory design, so it had a less systematic character, beyond its general ethnographic approach. This

implied that the participation as a team in the final definition of the materiality was much more relevant than in Los Perilagos. On the other hand, while in Rinconada the aim was to discuss from public policies the conformations of the housing programs, the Casa Campesina was inscribed in the struggles of the Organisation for the maintenance of their territorial rights. (Fig. 1)

Figure 1. Location of communities and organisations in the province of Jujuy.
© Jorge Tomasi.

The two remaining actions, on the other hand, were associated with the conservation of two historic adobe buildings: the "Casa del Marqués" [House of the Marquis], built in the 18th century, in the community of Yavi (Tomasi and Barada, 2020), and the chapel of the community of Tabladitas, corresponding to the 19th century (Barada & al., 2023), both also in the highlands of the province of Jujuy. The work carried out in these cases involved the joint development of the survey, diagnosis and elaboration of the intervention project, and in Yavi it also involved monitoring the building work. While the Casa del Marqués has been a National Historic Monument since 2001, the Tabladitas Church has not been formally declared, which provides different margins of action for collaborative work.

The inscription of the "Casa del Marqués" in the official schemes of institutional heritage valorization, particularly of the State, implied concrete limitations regarding the principles and criteria of intervention, beyond the fact that the community might have other expectations. In this sense, the disciplinary choices were crossed by the global construction of certain common senses that determine what is acceptable to do in a historic architecture within the framework of its "authenticity". Specifically, the possibility of executing potential changes to the building, which would have eventually implied an updating of its meanings, was very limited. The scenario was different in Tabladitas, where proposals from the community for more or less radical modifications to the building, within the framework of their building cultures, were part of feasible actions.

These four projects were carried out at different times over the last five years, so they were also marked by revisions of the approaches. While Rinconada and Yavi were the first two, the work in Tabladitas and Perilagos were more recent and were enriched by previous experiences, opening up new questions. This time difference in relation to the moment in which each project was developed, implied a shift in the incidence towards greater margins of action and the intention of limiting disciplinary control in the process and the material result. These different actions in the territory were the result of previous work in the region in ethnographic terms, as has been said, but they are also heirs to the set of disciplinary discussions referred to above, even if that relationship has not been explicit.

2.1. ROMANTICISING LOCAL

One of the main critics to the participatory approaches has been the romanticisation of local communities, their practices and their conditions of existence. Those critics were already present in contemporary debates, by authors such as Ward (1982) or Burgess (1988), regarding the emphasis on self-help and mutual-aid. Indeed, this romanticisation of the communitarian and its possibilities finds its source in the construction of a pristine ideal in opposition to the alienation of capitalist society. In a way, these local communities are located outside the present conditions of existence, and preserved in essential values. Essentialism, then, emerges as a problem that cuts across different planes in social and technical terms, including the idealisation of the internal coherence of groups, their shared purpose or the inclination towards disinterested collaborative action.

The internal coherence of social collectives implies a homogenisation of their perspectives on reality and the invisibility of the multiplicity of subjective trajectories that coexist and overlap in complex ways, even within shared frameworks. Consensus is presented as an a priori construction. When it does not finally emerge from concrete processes, it leads to observations about the problematic character of a certain community. In this framework, the different actions carried out in the field have sought approaches that allowed the emergence of different perspectives, in their tensions and contradictions. The conception of housing in Rinconada, based on local spatialities, could lead to an essentialised result of the vernacular, which hid the way in which other conceptions of inhabiting are currently superimposed (Tomasi and Barada, 2023). The tools employed allowed results that transcended the disciplinary expectation often linked to this pristine ideal of local architectures. Collective work could even imply the recognition of conflicts associated with spatial and material practices, in the operative intersubjectivities, as an inherent component of participation (Miessen, 2014). (Fig. 2 and 3)

Figure 2 and 3. Workshops and building process of the prototype in Rinconada.
© Jorge Tomasi & Julieta Barada.

Figure 4 and 5. Collective definition of the intervention process and the renewal of the mud roof of the historical house in Yavi.
© Jorge Tomasi & Julieta Barada.

The field of conservation presents specific complexities because these expectations are regulated by bodies that establish criteria for action, restricting the universe of possibilities. In cases such as Yavi and the Casa del Marqués, as a National Historic Monument, the potential openness to different material resolutions is strongly conditioned by external regulatory frameworks, but also by the professional assurances and beliefs of those of us who act there. In technical, and therefore social terms, professional technological choices tend to preserve the coherence and integrality of the building cultures, in terms that probably no local construction presents. In these situations, the nuances, accumulations, material superimpositions, which may have arisen from previous collaborative work, are made invisible. (Fig. 4 and 5)

A recurring difficulty in the different projects that deserves to be considered as part of the romanticisation that inhabits professional practice in these contexts is related to collaborative work on site. Actions such as the housing in Rinconada or the peasant organisation's house in Los Perilagos based their construction process on collaboration between the members of the community and the organisation. In many cases this arises from budgetary restrictions, but at the same time it is affirmed in a voluntarism based on a supposed predisposition of local communities towards this disinterested collective work, as has already been suggested by Burgess (1988).

2.2. PARTICIPATION AND EXPERT KNOWLEDGE

The critique of the centrality of professional roles in design and building processes and the verticality of decision-making has opened up a field for the discipline, but at the same time it has left a certain vacuum regarding the new spaces for action. In a way, concrete practice often oscillates between disruptive meddling in processes and neutral passivity in a condition of mere observers. In these situations, in turn, academic or institutional affiliations operate, setting certain expectations about the results of the processes of habitat production or the conservation of historic architectures. This does not only imply a set of demands, but rather shared perspectives within the framework of certain disciplinary ontologies, in the sense of ways of conceiving and being in the world. Therein lies the dilemma of acting between different belongings, as Weizman (2014) has expressed, which requires an expansion of the boundaries of the problem.

The transmission of knowledge in training processes can be understood as part of the expected dynamics, in teaching-learning relationships, but it requires a critical examination of how these roles are constructed and articulated in each of the contexts. The four projects mentioned above have been developed in communities where a substantial part of the people have a broad knowledge of the practices associated

with constructive cultures, reproducing and multiplying the ways of making on a daily basis. This know-how poses specific conditions for formative processes that cannot involve a mere linear transmission of knowledge overcoming from a position of authority.

Such disciplinary knowledge, valuable in itself, is inseparable from what Escobar (2012) has defined as a "modern ontology", which implies a certain construction of reality linked to the rationality of the world, universally valid and overcoming in the framework of colonial relations. In recent decades, the field of development policy has often become a fertile space for the exercise of these colonial relations on the basis of unique global agendas. Disciplinary positionings have been shaped as such within the framework of these specific ontologies, in potential conditions of conflict with others, even with deep fractures (Escobar, 2012). The construction of knowledge in formative processes thus requires discussion of the implicit, and persistent, colonialities in our professional practices and the voice of authority exercised.

Working on building techniques in a case such as the Church of Tabladitas implies inhabiting a space in which a multiplicity of actors not only have concrete knowledge about making, but also that this knowledge is embedded in broader conceptions of reality. New approaches can arise from the conformation of spaces that allow the implementation of plural, multiple responses to emerging problems or challenges, considering the fragments that make up the subjective trajectories. This has been a richer approach than the one proposed, at least originally, for the case of Yavi, where training implied concrete instances of transmission of specific knowledge, although the methodologies have been more open in the context of building work. (Fig. 6 and 7)

2.3. METHODOLOGICAL LIMITS

In communities such as Tabladitas or Yavi, the creation of these spaces with participatory approaches does not ensure an effectively collective construction of knowledge, but is subject to the specific methodologies employed and a critical monitoring of these processes. It is also worth asking to what extent the actions undertaken imply an open construction or rather lead the results of the processes towards outcomes previously established in the original plans.

The effective scope of participatory/collaborative forms has been at the centre of discussions. Already Arnstein's (1969) proposal and her "ladder of participation", distinguishing between those practices linked to manipulation or mere information or consultation to those that may imply an effective control of the dynamics by the participants. In many cases, proposals tend towards a simulation of participation that are no more than a justification of decisions taken externally. In the best of cases, these situations may involve formative instances based on the simple communication of information with no transformative effect, while in the worst they may involve violence on local ontologies based on the imposition of other ways of making based on hegemonic paradigms.

The methodological structuring of formative processes is, then, a critical point that can limit or favour the unfolding of more or less spontaneous, creative and unexpected possibilities, transcending the pre-established response models. Even in open formative processes, there are instances in which disciplinary actors take control, thus limiting the richness of explorations in the collective construction of knowledge. Moments of synthesis or instances of project definition tend to constitute some of these critical points in which dynamics are surreptitiously encapsulated in results with a lower density.

Figure 6 and 7. Different instances of the participatory analysis of the building and structural conditions of the Church of Tabladitas.
© Jorge Tomasi & Julieta Barada.

In processes such as the design and construction of the Casa Campesina in Los Perilagos, the production of the building plans was one of those moments in which disciplinary action was placed above other conceivable forms, limiting the margins of possibility. Subsequent explorations made it possible to advance in other formulations based on the concrete making on materials, on the basis of a roadmap that did not contain absolute definitions, but was constructed from practice. Of course, this implied putting into tension the schedules and mechanisms established by the project's funding bodies. The work at the Church of Tabladitas, with its amplitude in terms of the use of earthen building techniques, from local frameworks, allows to observe how the universe of technological choices offers margins of action, including unexpected responses to the frameworks of disciplinary action. The awareness of the breadth of possibilities, and of the limitations of our options, is present in an ethnographic perspective that advocates more plural practices. In any case, technological choices are never neutral, but imply political positions on reality. (Fig. 8 and 9)

CONCLUSION

Knowledge of one's own positioning is part of the methodological definition of an ethnographic approach based on the notion of reflexivity (Guber, 2001). In other words, recognition as subjects who are socially and politically situated in the contexts in which they intervene, and therefore our action is motivated by expectations that are not always conscious. These expectations go beyond the scope of the specific objectives of a given project. Rather, they refer to those other motivations that guide the action in the field and in the formative processes, based on our subjective belongings and trajectories. Projects usually focus on the importance of knowledge of the contexts of intervention and the groups with which the activities will be developed. However, there is not always the same effort to explore the institutional, collective and personal motivations that will finally shape part of the practices.

This article has sought to review some critical issues related to the construction of alternative formative processes, associated with participation, emerging from different projects in recent years. These projects are not proposed here as definitive answers to the challenges, but rather as instances of exploration to be critically reviewed. In fact, it would be difficult to establish absolute, universally valid, and externally established methodologies. However, it is possible to imagine two axes for action that deserve to be explored. The first concerns the relativisation of expert roles, the questioning of the security of the definitive answers we provide. On the contrary, it would be reasonable to imagine a role as participants in processes that exceed us, and not only as those who participate others in our dynamics. The second, related to the previous one, could refer to expanding the universe of the possible, crossing our academic knowledge through the dynamics of the unexpected. Simultaneously, it requires embracing social and material outcomes that are not what we imagine. This undoubtedly requires accepting the loss of control of decision-making processes. In a way, a course of these characteristics requires looking at disciplinary history. The actions presented here, as already stated, are not novel. Instead, they replicate questions and discussions that have been held throughout the last decades, with diverse experiences that have delimited fields of professional action that deserve to be critically analyzed in pursuit of the development of more symmetrical and diverse formative processes.

Figure 8 and 9. The definition of the building resolutions and its implementations in the Casa Campesina in Perilagos.
© Jorge Tomasi & Julieta Barada.

BIBLIOGRAPHY

Arnstein, S. (1969). "A Ladder of Citizen Participation". J*ournal of the American Institute of Planners*, 35:4, p. 216-224.

Barada, J., J. Tomasi and E. Manchado (2023). "Territorios en disputa, arquitecturas locales, técnicas propias. Aproximación a un diseño colaborativo en Los Perilagos (El Carmen, provincia de Jujuy)." In: *XIII CRETA - Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura*. Universidad Nacional de Córdoba.

Barada, J., J. Tomasi and N. Veliz (2023) "Lo comunitario en la conservación arquitectónica. Experiencias desde las tierras altas de Jujuy: la Casa del Marqués en Yavi y la Iglesia de Tabladitas." In: Boldrini, P. and G. Rolón (Eds.). *Transformar para habitar el después*. CONICET-INTEPH, San Miguel de Tucumán. In press.

Burgess, R. (1988). "Algunas falacias respecto a las políticas de autoconstrucción en los países en desarrollo." In: *Estudios Demográficos Y Urbanos*, 3(2), p. 237–263.

Clifford, J. (1995 [1983]). *Dilemas de la cultura. Antropología, literatura y arte en la perspectiva posmoderna*. Gedisa. Barcelona.

Dietler, M. and Herbich, I. (1998). "Habitus, Techniques, Style: An lntegrated Approach to the Social Understanding of Material Culture and Boundaries". In: Stark, M. (ed.) *The Archaeology of Social Boundaries*. Smithsonian Institution Press, Washington.

Escobar, A. (2012). "Cultura y diferencia: la ontología política del campo de cultura y desarrollo." In: *Wale'keru Revista de investigación en cultura y desarrollo*, (2), 7-16.

Freire, P. (1968). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI, Mexico.

Guber, R. (2001). *La Etnografía : método, campo y reflexividad*. Editorial Norma, Buenos Aires.

Hamdi, N. (1991). *Housing Without Houses: Participation, Flexibility, Enablement*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Kozak, D. (2016). John F. C. "Turner y el debate sobre la participación popular en la producción de hábitat en América Latina en la cultura arquitectónico-urbanística, 1961-1976." In: *Urbana*, v8, n3, p. 49-68.

Kropotkin, P. (1902). *Mutual aid: A factor of evolution*. Heinemann, London.

Lemonnier, P. (1992). *Elements for an Anthropology of Technology*. University of Michigan.

Marchand, T. (2009). *The Masons of Djenné*. Indiana University Press, Bloomington.

Miessen, M. (2014). *La pesadilla de la participación*. DPR-Barcelona.

Rudofsky, B. (1964). *Architecture without Architects: An Introduction to Nonpedigreed Architecture*. Museum of Modern Art, New York.

Schumacher, E. (1973) *Small is Beautiful. A Study of economics as If people mattered*. Abacus Books, London.

Tomasi, J. and J. Barada (2020). "Recurring damages on earthen heritage. Diagnosis and possible interventions in the highlands of Jujuy (Argentina)." In: *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 5, 28.

Tomasi, J. and J. Barada (2023). "Etnografías para las arquitecturas. Aproximaciones a los procesos formativos participativos desde experiencias con comunidades puneñas." In: *A&P Continuidad*, 10(18).

Tomasi, J., J. Barada, F. Barbarich, N. Veliz y V. Saiquita (2020). "Culturas constructivas con tierra en el espacio altoandino. Aproximaciones tecnológicas y sociales desde el norte argentino." In: *Em Questão*, 26, p. 261-290.

Turner, F. C. (1976). *Housing by People. Towards autonomy in building environments*. Marion Boyards, London.

Ward, C. (2022 [1976]). "Alternatives in Architecture." In: *Talking to Architects*. Freedom Press, London.

Ward, P. (1982). *Self-Help Housing. À critique*. Mansell Publishing Limited, London.

Weizman, E. (2014). "La paradoja de la participación." In: Miessen, M. *La Pesadilla de la Participación*. DPR-Barcelona.

Winner, L. (1988). *The Whale and the Reactor*. University of Chicago Press.

AUTHOR'S BIOGRAPHICAL NOTE

Jorge TOMASI is an Architect (FADU-UBA), Master in Social Anthropology (IDES-IDAES-UNSAM), PhD from the University of Buenos Aires (FFyL-UBA) and Researcher of the National Council for Research in Science and Technology (CONICET), working at the Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra (LAAyCT). Professor at the Universidad Nacional de Jujuy. Member of ISCEAH-ICOMOS, CIAV-ICOMOS and Red Iberoamericana PROTERRA.

Domaine de la Terre à Villefontaine, France, 1986 © T. Joffroy

COMITÉS
COMMITTEES
COMITÉS

COMITÉ D'ORGANISATION | ORGANISING COMMITTEE | COMITÉ ORGANIZADOR

LA CONFÉRENCE TERRA EDUCATION IV EST ORGANISÉE PAR L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE GRENOBLE (ENSAG-UGA) SOUS L'ÉGIDE DE LA CHAIRE UNESCO « ARCHITECTURE DE TERRE, CULTURES CONSTRUCTIVES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE »

THE TERRA EDUCATION IV CONFERENCE HAS BEEN ORGANIZED BY THE GRENOBLE SCHOOL OF ARCHITECTURE (ENSAG-UGA) UNDER THE AEGIS OF THE UNESCO CHAIR «EARTHEN ARCHITECTURE, BUILDING CULTURES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT»

LA CONFERENCIA TERRA EDUCATION IV FUE ORGANIZADA POR LA ESCUELA DE ARQUITECTURA DE GRENOBLE (ENSAG-UGA) BAJO LOS AUSPICIOS DE LA CÁTEDRA UNESCO «ARQUITECTURA DE TIERRA, CULTURAS CONSTRUCTIVAS Y DESARROLLO SOSTENIBLE»

MEMBRES DU COMITÉ D'ORGANISATION
MEMBERS OF THE ORGANIZING COMMITTEE
MIEMBROS DEL COMITÉ ORGANIZADOR

THIERRY JOFFROY | AE&CC-CRATERRE/ENSAG-UGA
ALIX HUBERT | AE&CC-CRATERRE/ENSAG-UGA
ARNAUD MISSE | AE&CC-CRATERRE/ENSAG-UGA
BAKONIRINA RAKOTOMAMONJY | AE&CC-CRATERRE/ENSAG-UGA
DAVID GANDREAU | AE&CC-CRATERRE/ENSAG-UGA
AUDREY CARBONNELLE | AE&CC-CRATERRE/ENSAG-UGA

COMITÉ SCIENTIFIQUE | SCIENTIFIC COMMITTEE | COMITÉ CIENTÍFICO

MOHSEN ABBASI HAROFTEH YAZD UNIVERSITY / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (IRAN)
GERHARD BOSMAN UNIVERSITY OF FREE STATE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (AFRIQUE DU SUD)
LARA DAVIS LIMAÇON DESIGN / RHODE ISLAND SCHOOL OF DESIGN (ETATS-UNIS)
LAZARE ELOUNDOU ASSOMO CENTRE DU PATRIMOINE MONDIAL, UNESCO (FRANCE / CAMEROUN)
LAETITIA FONTAINE UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE)
DAVID GANDREAU UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE)
HUBERT GUILLAUD CRATERRE (FRANCE)
THIERRY JOFFROY UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE / PROTERRA (FRANCE)
HALIMATOU MAMA AWAL UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE)
IVAN MAZEL UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE)
CAMILLA MILETO UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA / ISCEAH / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (ESPAGNE)
ARNAUD MISSE UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE)
SÉBASTIEN MORISET UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE)
JUN MU BEIJING UNIVERSITY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (CHINE)
ISHANLOSEN ODIAUA ISCEAH (NIGERIA / CANADA)
BAKONIRINA RAKOTOMAMONJY UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / ENSAG / AE&CC-CRATERRE / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (FRANCE / MADAGASCAR)
AMANDA RIVERA VIDAL UNICA / ISCEAH (CHILI)
SOFIA RODRÍGUEZ-LARRAÍN PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (PEROU)
NURIA SANCHEZ-MUNOZ CRATERRE (ESPAGNE)
ULRIKE SCHWANTNER UNIVERSITY OF ARTS / KUNSTUNIVERSITÄT LINZ - BASEHABITAT / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (AUTRICHE)
THEOPHILUS SHITTU FACULTY OF ARTS, SCIENCE AND TECHNOLOGY, UNIVERSITY OF NORTHHAMPTON (ROYAUME-UNI)
YANNICK SIEFFERT UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES / 3SR (FRANCE)
MIRTA EUFEMIA SOSA CRIATIC-FAU-UNT, CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES DE ARQUITECTURA DE TIERRA CRUDA - FACULTADDE ARQUITECTURA Y URBANISMO - UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (ARGENTINE)
JENNY ASTRID VARGAS SANCHEZ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (COLOMBIE)
FERNANDO VEGAS LOPEZ-MANZANARES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA / ISCEAH / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE (ESPAGNE)

MOHSEN ABBASI HAROFTEH YAZD UNIVERSITY / UNESCO CHAIR EARTHEN ARCHITECTURE

Architect, and holder of a PhD in architecture conservation obtained at the Faculty of Conservation, Art University of Isfahan, in 2014. Today he is Assistant Professor of Architecture and the head of Head of the Vernacular Architecture Research Center at Yazd University. After having played an important role in the preparation of the dossier for the nomination of Yazd to the World Heritage List, he is now very much involved in the proper management of this historic city, including as being a member of the city council and has been the main author of a very important guide entitled: *Adobe Architecture Conservation Guidelines : Focusing on Yazd Historic City*, 2022.

MADDALENA ACHENZA

Graduated in architecture at University of Florence (Italy), holds a PhD in architecture and a Certificat d'Etudes Aprofondis achieved at CRATerre - ENSAG in Grenoble (France). She is associate professor of Construction Design at the University of Cagliari, Faculty of Civil and Environmental Engineering and Architecture, where she also teaches courses in the frame of the UNESCO Chair "Earthen Architecture, Building Cultures, and Sustainable Development". President of ICOMOS-ISCEAH International Scientific Committee for Earthen Architectural Heritage and coordinator of the same committee within ICOMOS-Italy.

GERHARD BOSMAN

Associate professor at the Earth Unit (EU) within the Department of Architecture at the University of the Free State in central South Africa. The EU has partnered with the UNESCO Chair Earthen Architecture, Construction Cultures, and Sustainable Development since 2003. Gerhard has been practising architecture since 1995 and involved with the EU community development and service-learning training of architecture students since 1997. In 2000 he completed his DPEA-Architecture de Terre at CRATerre-EAG (International Centre of Earth Architecture at the Grenoble School of Architecture in France. In 2015, he completed a PhD (Architecture) from the University of the Free State. He combines service learning with collaborative online international learning (COIL). Since 2021, his teaching and learning scholarship has focused on practical service learning workshops where students engage with Basotho Litema earth wall decoration artists in rural parts of South Africa.

LARA DAVIS

Architect and mason with three decades' experience in masonry design and construction – a specialist in vaulted masonry. Her work has crossed over the cultures of architectural design, structures, heritage preservation, and vernacular materials and craftsmanship. She is the founding partner of Limaçon Design and a member of CRAterre and ICOMOS ISCEAH. She previously served as co-director of the Auroville Earth Institute, India and representative for the UNESCO Chair of Earthen Architecture. She is a lecturer at Rhode Island School of Design and has led hands-on workshops on several continents.

LAZARE ELOUNDOU ASSOMO CENTRE DU PATRIMOINE MONDIAL, UNESCO

Architecte et urbaniste, diplômé du DSA Architecture de terre délivré à l'ENSAG. Après plusieurs années passées en Afrique du Sud, il rejoint le programme Africa 2009 pour en assumer la coordination pour CRAterre. Recruté par l'UNESCO au début des années 2000 pour intégrer l'Unité Afrique du Centre du Patrimoine Mondial, il occupera ensuite diverses fonctions, y compris celle de représentant de l'UNESCO au Mali (2014-2016), période pendant laquelle il est responsable du projet de reconstruction des mausolées de Tombouctou. En 2021 il est nommé Directeur du Centre du Patrimoine Mondial de l'UNESCO devenant le premier africain à assumer cette lourde responsabilité.

LAETITIA FONTAINE

Ingénieure matériaux (INSA Lyon) et titulaire du DSA architecture de terre. Chercheure au sein de l'équipe CRAterre de l'unité de recherche AE&CC (ENSAG-UGA), co-autrice de l'ouvrage « Bâtir en terre, du grain de sable à l'architecture », directrice de l'atelier matières à construire (amàco), elle poursuit des recherches sur l'utilisation des matériaux bio-géo-sourcés dans la construction et la réhabilitation du bâti, ainsi que le développement de contenus pédagogiques et de parcours de formation. Elle a été / est notamment responsable scientifique du projet amàco (IDEFI, 2012-2020), du projet RESSOURCES (HFES, 2020-2022) et du projet amàRéno (2022-2027).

DAVID GANDREAU

Archaeologist, PhD in architecture, researcher and teacher at the National School of Architecture of Grenoble (ENSAG, Univ. Grenoble Alpes). He is specialized in earthen cultural heritage studies, conservation and valorization. He has carried out numerous missions of expertise and training, in particular on World Heritage sites in the Middle East and in Africa. Since 2018, He is co-responsible for the UNESCO Chair "Earthen Architecture, Constructive Cultures and Sustainable Development".

HUBERT GUILLAUD

Architecte, diplômé en 1981, il rejoint le CRAterre et participe à sa récente création. Ses recherches sur le pisé vont contribuer à son actualisation. Il accompagne (1983-85), le projet du « Domaine de la terre », opération pilote de 65 logements sociaux en terre crue, en Isère. Professeur titulaire à l'ENSAG, cocréateur du laboratoire CRATerre-ENSAG dont il sera le directeur scientifique, il créera le DSA-Terre (1984). En 1998, il est cofondateur de la Chaire UNESCO « Architecture de terre » (1998). Expert sur la conservation du patrimoine, il participe à des projets européens (« Terra incognita », « Versus »), et réalise de nombreuses missions (Nigeria, Maroc, Iran, Oman). Il est co-auteur, avec Hugo Houben (†), du « Traité de construction en terre », ouvrage de référence pour les professionnels.

THIERRY JOFFROY

Architecte formé à l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG), Thierry Joffroy est aussi titulaire du DSA Architecture de terre et Habilité à la direction de recherche (HDR). Il est chercheur à l'ENSAG, Directeur scientifique de l'Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC) et co-directeur scientifique de la formation DSA Architecture de terre. En 2010, l'Académie d'architecture lui a décerné la médaille d'argent « restauration » en reconnaissance de ses travaux avec l'ICCROM et le Centre du patrimoine mondial de UNESCO.

HALIMATOU MAMA AWAL

Architecte camerounaise et docteur en Architecture de l'Université de Grenoble, elle obtient le Prix d'urbanisme Tony Garnier de l'Académie d'Architecture française en 2009. Actuellement maître de conférences dans la discipline « Histoire et cultures architecturales » à l'ENSAG, elle est aussi responsable pédagogique du diplôme de spécialisation et d'approfondissement « Architecture de terre, cultures constructives et développement durable » et chercheure à l'Unité de recherche « Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC).

IVAN MAZEL

Architecte-urbaniste, diplômé d'état de l'École Nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG) et avec un post-master en architecture et urbanisme de l'Escola da Cidade (São Paulo, Brésil), Ivan Mazel développe ses travaux au sein de l'équipe de CRAterre de l'Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (ENSAG et Université Grenoble Alpes). Docteur de ses établissements, ses recherches portent actuellement d'une part sur les mutations de la production de l'habitat et ses formes alternatives, et d'autre part, sur les filières territoriales de production de l'architecture et de ses matériaux.

CAMILLA MILETO

Architect and professor at the Universitat Politècnica of València (Spain). She has lectured internationally and has received several awards for her research and works. She has been working actively on earthen heritage and has developed conservation projects for dwellings and monumental buildings such as castles, towers, monasteries, the Alhambra of Granada and the Finca Güell of Barcelona by Gaudí. She is the Spanish partner of the UNESCO Chair for Earthen Architecture. She has extensively edited books and published papers and monographs on earthen architecture heritage.

ARNAUD MISSE

Architecte, spécialiste de la construction en terre, maître de conférences à l'ENSAG et responsable de la thématique "matériaux" de l'équipe CRAterre. Ses travaux portent sur la place de la terre dans l'architecture contemporaine et questionnent les systèmes constructifs, les filières de productions et la circularité dans la construction. Il est également associé de l'agence NAMA architecture.

SEBASTIEN MORISET

Architect, is involved since 1993 in teaching activities and applied research on issues of heritage conservation for CRAterre at the Grenoble school of architecture. He contributed to 76 projects in 45 countries in Africa, Asia and the Arab Peninsula. He has prepared several World Heritage nominations, developed management plans, implemented conservation programmes and written several publications. He has also been teaching for 30 years for the "DSA Terre" post graduate course in Grenoble as well as in many other universities and technical schools worldwide.

MU JUN

Professor and Executive Dean at School of Architecture and Urban Planning, BUCEA. He serves as a member of UIA's Sustainable Development Goals Committee, UNESCO Chair in Earth Architecture branch director, and Rural Development Committee of the Architectural Society of China. He focuses on education, research, and practice in earth architecture renovation and modern applications, earning over 20 awards, including the UIA 2030 Award, 2019 World Habitat Awards Bronze, 3 UNESCO Asia Pacific Heritage Awards, 2 WAF Awards, and the 2009 RIBA International Award.

ISHANLOSEN ODIAUA ISCEAH

Senior Social development Specialist at the World Bank. President of ICOMOS Advisory Committee (2023-2024). Vice President ICOMOS Nigeria (2019-2022). Regional Coordinator for the third periodic reporting cycle of the implementation of the World Heritage Convention in the Africa region (2019-2021). Lecturer, ATBU, Bauchi, Nigeria (2000-2011). Impact assessment specialist with several publication regarding the intersection between development projects and heritage conservation.

BAKONIRINA RAKOTOMAMONJY

Architecte spécialisée dans l'architecture en terre. Elle est chercheuse de AE&CC de l'ENSAG, France. Ses sujets de recherche et d'étude sont : 1 / Gestion participative et approches transversales ; 2 / Patrimoine culturel et développement local ; 3 / Architecture de terre et 4 / Enseignement supérieur et formation des professionnels. Elle a réalisé plus de 80 missions de coordination, d'appui technique et d'évaluation dans 29 pays sur 4 continents. Elle a été consultante pour l'UNESCO, l'ICOMOS, l'ICCROM, le WWF, l'AIMF, l'EPA, l'AWHF, la NORAD, la Fondation Abbé Pierre et CRAterre.

AMANDA RIVERA VIDAL

Arquitecta chilena comprometida en investigación, pedagogía y trabajo practico sobre arquitectura y tecnologías de tierra. Con experiencia en proyectos de arquitectura contemporánea e intervención patrimonial. Asistente de investigación en EPSEB-UPC (Barcelona). Candidata a doctora por UNICA (Italia) & UPC (España), Master en Patrimonio Cultural por PUC (Chile) y postgrado en Arquitectura de Tierra CRATerre-ENSAG (France). Vicepresidenta de ICOMOS-ISCEAH, mimbre experto de ICOMOS-CIAV y miembro de PROTERRA. Fundadora de RIVERA+MUÑOZ, ESTIERRA y ECoT.

SOFÍA RODRIGUEZ-LARRAÍN

Arquitecta por la Universidad Nacional de Ingeniería, Magister en Arquitectura, Urbanismo y Desarrollo Territorial Sostenible por la Pontificia Universidad Católica del Perú donde es docente desde 2003. Es investigadora, miembro fundadora y coordinadora del grupo multidisciplinario de investigación Centro Tierra, miembro de la Cátedra UNESCO: Arquitectura de Tierra, Culturas Constructivas y Desarrollo Sostenible que promueve el uso de la tierra y los recursos locales para el hábitat y el patrimonio local, articulando la educación superior, la investigación y la difusión de los conocimientos. Es conservadora de edificaciones patrimoniales y diseñadora de proyectos asociados a la construcción contemporánea con tierra.

NURIA SÁNCHEZ MUÑOZ

Arquitecta por la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM), Nuria trabajó durante 4 años en varios estudios de arquitectura (en Madrid, París y Dublín). En 2014 obtuvo el diploma de Postgrado en Arquitectura de Tierra, y desde entonces forma parte del equipo CRAterre dedicándose al desarrollo de proyectos arquitectónicos, tanto desde la unidad de la investigación del laboratorio AE&CC (Arquitectura, Medio Ambiente y Culturas de la Construcción) de la École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, como en el acompañamiento de profesionales de distintas especialidades, con el objetivo de demostrar que los recursos locales pueden adaptarse a las necesidades contemporáneas.

ULRIKE SCHWANTNER

Senior scientist at BASEhabitat, a studio at the Department of Architecture at the University of Arts Linz, Austria. She studied Urban and Regional Planning at the Vienna University of Technology (AT) and the Universidad Nacional de La Plata (AR), specialising in sustainable development, participatory design and transformative processes. She has worked with communities, organisations and universities in international contexts. As manager of BASEhabitat, she has been involved in the development of new study programmes in 'architecture for change' and an international summer school, a unique training and networking opportunity for building with regenerative materials.

THEOPHILUS SHITTU

Architect and a specialist in earthen architecture and conservation. He was trained as architect at the Federal University of Technology, Minna, Nigeria. He also holds a DSA in earthen architecture from Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG) and PhD from the University of Plymouth, UK. Theophilus is currently a Senior Lecturer in Architectural Technology and Programme Lead at the University of Northampton. He is a board member of ISCEAH and EBUKI, as well as member of the UNESCO Chair in earthen architecture, building cultures and sustainable development.

YANNICK SIEFFERT

Ingénieur en Génie Civil, docteur en dynamique des structures des ouvrage d'art, enseignant-chercheur à l'UGA et habilité à diriger les recherches. Ses recherches concernent l'analyse de la vulnérabilité des constructions en matériaux bio- et géo-sourcés soumis à des sollicitations extrêmes, comme les séismes. Il développe une plateforme expérimentale dédiée aux comportements mécaniques des structures comportant une table vibrante et un banc pseudo-dynamique. Au niveau pédagogie, il dirige un parcours interdisciplinaire afin de rapprocher les étudiants en architecture et ceux en Génie Civil. Dans cet objectif, il anime un atelier de construction-réalisation en réemploi depuis plus de 15 ans.

MIRTA EUFEMIA SOSA

Arquitecta de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Universidad Nacional de Tucumán FAU-UNT, Argentina. MSc en Architecture de Terre CRATerre-ENSAG. Coordinadora del Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura en Tierra CRIATiC. Profesora de cursos de grado y de posgrado en universidades de Argentina. Directora y evaluadora de Proyectos de Investigación. Directora de becarios doctorales y estudiantiles. Integrante del comité científico de Seminarios Iberoamericanos de Construcción con Tierra SIACOT, de Terra2012 y 2016, TerraEducation 2018 y 2024. Miembro de la Red PROTERRA y PROTIERRA. Autora de capítulos de libros y artículos; panelista y conferencista en reuniones científicas en Argentina y extranjero.

JENNY ASTRID VARGAS SÁNCHEZ

Arquitecta y magíster en Conservación del Patrimonio Cultural Inmueble (UNAL, Colombia) y en Arquitectura de Tierra (ENSAG, Francia). Vicedecana de Investigación y Extensión de la Facultad de Artes de la Universidad Nacional de Colombia, Profesora de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Colombia, directora de proyectos en ATESORA S.A.S. y miembro de PROTERRA y de ICOMOS Colombia. Amplia experiencia en conservación, gestión y manejo de bienes de interés cultural desde los sectores público y privado. Su trabajo se centra en sistemas constructivos tradicionales, con énfasis en técnicas en tierra cruda. Investigadora, docente, tallerista y conferencista en espacios académicos y profesionales, tanto en Colombia como a nivel internacional.

FERNANDO VEGAS

Architect and professor at Universitat Politècnica of València, Spain. He has been visiting professor and has lectured at many international universities. He has received international awards for his work on architectural conservation. Among other monuments, he has developed projects for the Alhambra of Granada and for the Finca Güell of Barcelona by Gaudí. He is the Spanish partner of the UNESCO Chair for Earthen Architecture. He is editor of the journal Loggia and has extensively edited books and published articles, papers and monographs on architectural heritage.

Maison 24 h. St Martin-d'Hères © L. Galichet

CHAIRE UNESCO
architecture de terre, cultures constructives et développement durable
CRATERRE | AE&CC | ENSAG | UGA

EDITORS
THIERRY JOFFROY
ALIX HUBERT
ANAÏS GUEGUEN PERRIN

GRAPHICS AND LAYOUT
ARNAUD MISSE & ANAÏS GUEGUEN PERRIN

COVER PICTURES
ABOVE: THE HISTORIC CITY OF YAZD BUILD ENTIRELY WITH EARTH (RAW AND FIRED) INSCRIBED ON THE WORLD HERITAGE LIST IN 2017
© T. JOFFROY, 2015
BELOW: NEW MEXICO EARTH ADOBES - SEMI-INDUSTRIAL BRICKYARD ESTABLISHED IN 1972, ALBUQUERQUE, NEW MEXICO, USA
© T. JOFFROY, 2022

EDITION
CRATERRE EDITIONS
ISBN 979-10-96446-54-4
DÉPÔT LÉGAL : JUIN 2025

PRINTING
XYRIUS
116 AVENUE DE LA RÉPUBLIQUE
38320 BRESSON

TERRA EDUCATION IV

CHANGING SCALE | CHANGER D'ÉCHELLE | CAMBIAR DE ESCALA

INTERNATIONAL CONFERENCE

La conférence Terra Education IV a été organisée du 2 au 4 juillet 2024 dans le cadre de la Chaire UNESCO « Architecture de terre » à l'occasion du 40ème anniversaire de la création du diplôme post-master Architecture de terre à l'ENSAG-UGA. Sa thématique principale était celle du nécessaire « changement d'échelle » des filières terre de par le monde afin de répondre encore mieux aux grands enjeux globaux actuels. Ouverte par le Directeur du Centre du Patrimoine Mondial de l'UNESCO, elle a réuni plus de 150 participants issus de 40 pays qui ont pu échanger sur la base de 41 présentations orales et des 25 posters exposés. Ces actes contiennent les discours d'ouverture, les articles ayant fait l'objet de communications orales ainsi que les conclusions et recommandations formulées par le comité scientifique international à l'issue de la conférence.

The Terra Education IV conference was organized from July 2 to 4, 2024, within the framework of the UNESCO Chair "Earth Architecture" and to mark the 40th anniversary of the creation of the post-master's degree in earthen architecture at ENSAG-UGA. Its main theme was the necessary "change of scale" of earth sectors around the world in order to better respond to the current major global challenges. Opened by the Director of the UNESCO World Heritage Center, it brought together more than 150 participants from 40 countries who were able to exchange ideas on the basis of 41 oral presentations and 25 posters on display. These proceedings contain the opening speeches, the articles presented, and the conclusions and recommendations formulated by the international scientific committee by the end of the conference.

La conferencia Terra Education IV se organizó del 2 al 4 de julio de 2024 en el marco de la Cátedra UNESCO "Arquitectura de Tierra" y para conmemorar el 40 aniversario de la creación del postgrado en arquitectura de tierra. Su tema principal fue el necesario "cambio de escala" del sector de la construcción y arquitectura con tierra en todo el mundo para responder aún mejor a los grandes desafíos globales actuales. Inaugurado por el Director del Centro del Patrimonio Mundial de la UNESCO, reunió a más de 150 participantes de 40 países que pudieron intercambiar ideas a partir de 41 presentaciones orales y 25 carteles expuestos. Estas actas contienen los discursos de apertura, los artículos presentados oralmente, así como las conclusiones y recomendaciones formuladas por el comité científico internacional al final del congreso.

9 791096 446544